



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LUCIANA CRISTINA MANCIO GOMES

**ESTUDO DOS RISCOS E BENEFÍCIOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE TRÊS  
ESPÉCIES DE PEIXES DA AMAZÔNIA**

BELÉM – PA

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LUCIANA CRISTINA MANCIO GOMES

**ESTUDO DOS RISCOS E BENEFÍCIOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE TRÊS  
ESPÉCIES DE PEIXES DA AMAZÔNIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientação:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço.

BELÉM - PARÁ

2019

LUCIANA CRISTINA MANCIO GOMES

**ESTUDO DOS RISCOS E BENEFÍCIOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE TRÊS  
ESPÉCIES DE PEIXES DA AMAZÔNIA**

Avaliada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço  
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Orientadora)

---

Dra. Kelly das Graças Fernandes Dantas  
(PPQG/ICEN/UFPA – Membro Externo)

---

Prof. Dra. Maria Regina Sarkis Peixoto Joele  
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Membro Interno)

---

Prof. Dra. Rafaela Cristina Barata Alves  
(FEA/ITEC/UFPA – Membro Externo - Suplente)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

G633e Gomes, Luciana Cristina Mancio  
ESTUDO DOS RISCOS E BENEFÍCIOS ASSOCIADOS AO  
CONSUMO DE TRÊS ESPÉCIES DE PEIXES DA AMAZÔNIA /  
Luciana Cristina Mancio Gomes. — 2019. 73 f. :  
il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia,  
Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. peixes, sazonalidade, benefícios, riscos,  
biomonitoramento.. I. Título.

CDD 363.739098115

---

## AGRADECIMENTOS

Em especial, à Deus, por sua força, sua glória, sua luz e sua proteção eterna.

Aos meus pais e meu marido, pelos esforços e lutas diárias para que eu chegasse até aqui e pudesse seguir em frente na busca deste Mestrado.

À Universidade Federal do Pará, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP). Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA).

À todos os professores do PPGCTA, em especial a orientadora desta Dissertação, Prof<sup>ª</sup> Dra. Lúcia Lourenço que compartilhou esta pesquisa comigo em cada etapa de sua construção, agradeço toda a paciência e dedicação.

À professora Dra. Kelly Dantas que disponibilizou o Laboratório de Química (ICEN-UFGA) e pelo apoio de seus colaboradores na realização de análises presentes nesta dissertação.

Ao professor Dr. Jorge Mancini, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP) pelo auxílio na realização da análise de ácidos graxos no laboratório de Lípidos, análise de perfil de aminoácidos e mercúrio no laboratório de Análise de Alimentos.

Aos membros da banca examinadora, professores em geral, amigos, aos colegas dos laboratórios, e aos membros do Laboratório de produtos de origem animal.

A todos os professores do programa de pós-graduação de em ciência e tecnologia de alimentos da UFGA que me proporcionaram a conclusão deste mestrado e a finalização de uma importante etapa de minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela ajuda financeira, através de seu programa de bolsas e pelo apoio financeiro do Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq).

À todos aqueles que de alguma forma tenham influenciado a construção desta Dissertação.

## RESUMO

A pesca é uma das atividades mais exploradas na Região Amazônica, o pescado é uma importante fonte proteica, no entanto, pode representar um dos principais veículos de contaminação devido uma grande capacidade de bioacumular substâncias em tecidos como músculo e órgãos, sendo considerados excelentes bioindicadores do seu habitat. O objetivo do presente trabalho foi estudar as espécies amazônicas, curimatã (*Prochilodus nigricans*), pescada-gó (*Macrodon ancylodon*), e piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) investigando os riscos ou benefícios associados ao consumo. No tecido muscular e fígado dos peixes em diferentes períodos sazonais (período chuvoso e seco) foram realizadas análises do perfil de aminoácidos e de ácidos graxos por cromatografia líquida e gasosa. A determinação de elementos essenciais (Cu, Fe, Mg, Na e Zn) foram quantificadas por espectrometria de emissão atômica com chama e os contaminantes, chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite. A validação da metodologia foi realizada através do método de adição e recuperação. Os resultados obtidos no músculo e no fígado foram correlacionados com dados biométricos, hábito alimentar das espécies e os limites estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária para consumo humano. O cálculo do índice de ingestão semanal tolerável (PTWI) foi aplicado para os elementos tóxicos Pb e Hg em diferentes períodos sazonais. De acordo com os resultados, as espécies apresentaram ácidos graxos poliinsaturados oleico (n-9), linoléico (ômega-6) e araquidônico (ômega-6) no músculo, enquanto que, no fígado nas três espécies foram C18:0, C18:1 $\omega$ 9, C18:2 $\omega$ 6, C20:4 $\omega$ 6, C22:6 $\omega$ 3. Os teores totais de ácidos graxos saturados identificados foram superiores na piramutaba, os poliinsaturados na pescada-gó e os monoinsaturados no curimatã. Quanto ao perfil de aminoácidos dos filés detectou-se maior predominância a histidina, alanina e serina. As espécies estudadas apresentaram altos teores de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados. Os monoinsaturados apresentaram maiores teores na espécie curimatã e os poli-insaturados foram mais elevados na pescada-gó, ambos no músculo e no fígado. Em relação aos minerais, os teores de cálcio foram bastante expressivos entre as espécies nos diferentes períodos sazonais, sendo predominante no período de seca, enquanto que, Fe, Cu, Na e Zn apresentaram maiores teores na estação chuvosa. No fígado, no período chuvoso, os valores de Mg, Zn e Cu tiveram concentrações média em exemplares de curimatã. Enquanto que no período de seca os teores de Ca, Mg, Na e Zn obtiveram maior predominância entre as espécies. Quanto aos contaminantes, níveis de Pb foram superiores ao limite permitido pela legislação, apresentando comportamento significativo em relação à sazonalidade. O teor de Hg nas três espécies foi superior no período de chuva, a espécie curimatã alcançou maiores níveis no músculo. No fígado, os teores de Hg no período de chuva apresentaram-se acima do limite preconizado pela legislação. No período seco a espécie curimatã foi a que mais contribui com 131,79%, ultrapassando o limite semanal tolerável de consumo de Hg, sendo considerado impróprio. Segundo a estimativa de ingestão semanal de elementos tóxicos (PTWI) na estação chuvosa verificou-se limites aceitáveis entre os contaminantes, entretanto, no período seco, o curimatã foi a que mais contribui com 131,79%, ultrapassando o limite semanal tolerável de consumo de Hg. Esse estudo mostrou que é necessário o biomonitoramento constante das espécies comercializadas em Belém-PA e arredores que possam apresentar algum tipo contaminação por elementos tóxicos, evitando-se assim, possíveis reflexos e o comprometimento da saúde do homem e do processo reprodutivo dos peixes.

**Palavras-chave:** peixes, sazonalidade, benefícios, riscos, biomonitoramento.

## ABSTRACT

Fishing is one of the most explored activities in the amazon region, fish is an important protein source, however, it can represent one of the main vehicles of contamination due to its great capacity to bioaccumulate substances in tissues such as muscle and organs, being considered excellent bioindicators of the species. Its habitat. The aim of the present work was to study the amazonian species, curimatã (*prochilodus nigricans*), goby hake (*macrodon ancylodon*), and piramutaba (*brachyplatystoma vaillantii*) by investigating the risks or benefits associated with consumption. In the muscle tissue and liver of the fish in different seasonal periods (rainy and dry season) amino acid and fatty acid profile analyzes were performed by liquid and gas chromatography. The determination of essential elements (cu, fe, mg, na and zn) was quantified by flame atomic emission spectrometry and the contaminants, lead (Pb) and mercury (Hg) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. The validation of the methodology was performed through the addition and recovery method. The results obtained in the muscle and liver were correlated with biometric data, species feeding habits and the limits established by the national health surveillance agency for human consumption. The calculation of the tolerable weekly intake index (PTWI) was applied for the toxic elements pb and hg in different seasonal periods. According to the results, the species presented oleic (n-9), linoleic (omega-6) and arachidonic (omega-6) polyunsaturated fatty acids in the muscle, whereas in the liver the three species were c18:0, c18:1ω9, c18:2ω6, c20:4ω6, c22:6ω3. The total saturated fatty acid contents identified were higher in piramutaba, polyunsaturated in hake and monounsaturated in curimatã. Regarding the amino acid profile of the fillets, the highest predominance was histidine, alanine and serine. The species studied presented high levels of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The monounsaturated ones presented higher contents in the curimatã species and the polyunsaturated ones were higher in the hake, both in the muscle and liver. Regarding minerals, calcium levels were quite significant between species in different seasonal periods, being predominant in the dry season, while Fe, Cu, Na and Zn presented higher levels in the rainy season. In the liver, during the rainy season, Mg, Zn and Cu values had average concentrations in curimatã specimens. While in the dry season the ca, mg, na and zn contents had higher predominance among the species. Regarding contaminants, pb levels were higher than the limit allowed by the legislation, showing significant behavior in relation to seasonality. The hg content in the three species was higher in the rainy season, the curimatã species reached higher levels in the muscle. In the liver, the levels of Hg in the rainy season were above the limit recommended by the legislation. In the dry season, the curimatã species contributed the most with 131.79%, exceeding the tolerable weekly limit of hg consumption, being considered inappropriate. According to the estimated weekly intake of toxic elements (PTWI) during the rainy season, acceptable limits were found among the contaminants. However, in the dry season, curimatã contributed the most with 131.79%, exceeding the tolerable weekly consumption limit. From Hg. It is concluded that the constant biomonitoring of the species commercialized in Belém-PA and surroundings that may present some contamination by toxic elements is necessary, thus avoiding possible reflexes and the compromise of human health and fish reproductive process.

**Keywords:** fish, seasonality, benefits, risks, biomonitoring.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplar de Piramutaba ( <i>Brachyplatystoma vaillantii</i> ). .....	18
Figura 2 - Exemplar de Pescada-Gó ( <i>Macrodon ancylodon</i> ).....	18
Figura 3 - Exemplar de Curimatã ( <i>Prochilodus nigricans</i> ).....	19

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingestão diária Recomendada (IDR) de minerais para adultos.....	26
Tabela 2 - Limites máximos permitido de concentração de Pb e Hg em peixes.....	27
Tabela 3 - Parâmetros instrumentais para determinação de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na Ni, Pb e Zn nos peixes estudados por FAAS e GFAAS. ....	33
Tabela 4 - Valores médios da composição química aproximada e valor energético do músculo das espécies estudadas.....	36
Tabela 5 - Médias de comprimento padrão (cm) e peso (g) das espécies de peixe em dois períodos sazonais da Bacia Amazônica. ....	37
Tabela 6 - Percentual de ácido graxos nas três espécies de peixe.....	43
Tabela 7 - Perfil de aminoácido das três espécies de pescado em relação aos aminoácidos essenciais e não essenciais. ....	45
Tabela 8 - Concentração (média $\pm$ desvio padrão, DP), valores mínimo e máximo de Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu no tecido muscular das três espécies de pescado comercializados no período seco e chuvoso com os respectivos limites de referência. ....	49
Tabela 9 - Análise de Variância (ANOVA) da concentração de elementos químicos essenciais (Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu) no tecido muscular das três espécies de pescado comercializados no Período Seco e Chuvoso.....	50
Tabela 10 - Unidades de concentração, desvio-padrão e intervalos de variação de elementos tóxicos Pb e Hg no tecido muscular de três espécies de peixes comercializados no período seco e chuvoso (n=10). Em negrito estão destacados os valores acima do limite permitido pela legislação brasileira. ....	52
Tabela 11 - Concentrações médias ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) de Pb e Hg entre as espécies (músculo) em diferentes períodos. ....	53
Tabela 12 - Concentrações médias, desvio padrão e intervalos de variação de elementos químicos essenciais (Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu) no fígado das três espécies de peixes comercializados no período seco e chuvoso ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).....	55
Tabela 13 - O fígado das espécies é considerado ótimo bioindicador da qualidade ambiental local. ....	57
Tabela 14 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados no período seco. ....	58

Tabela 15 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados no período chuvoso. ....	59
Tabela 16 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados em diferentes períodos sazonais.....	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>AAS</b>	Espectrometria de Absorção Atômica
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>AOAC</b>	Associação Oficial de Química Analítica
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>FAAS</b>	Espectrometria de Absorção Atômica com Chama
<b>GFAAS</b>	Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite
<b>HCL</b>	Lâmpada de Catodo Oco
<b>HGAAS</b>	Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>LOD</b>	Limite de Detecção
<b>LOQ</b>	Limite de Quantificação
<b>PTWI</b>	Dose Semanal Tolerável Provisória

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Espécies da região Amazônica.....</b>	<b>17</b>
2.1.1	Aspectos gerais da Piramutaba ( <i>Brachyplatystoma vaillantii</i> ).....	17
2.1.2	Aspectos gerais da Pescada-Gó ( <i>Macrodon ancylodon</i> ) .....	18
2.1.3	Aspectos gerais do Curimatã ( <i>Prochilodus nigricans</i> ).....	19
<b>2.2</b>	<b>Composição química e nutricional do pescado .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Riscos da exposição humana a elementos químicos através da alimentação .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Elementos tóxicos em sistemas aquáticos .....</b>	<b>22</b>
2.4.1	Chumbo (Pb) .....	23
2.4.2	Mercúrio (Hg).....	24
<b>2.5</b>	<b>O peixe como bioindicador do ecossistema aquático.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>A legislação para o consumo de minerais e elementos tóxicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.7</b>	<b>Limite de ingestão semanal de elementos tóxicos em peixes.....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta das amostras.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamento preliminar das amostras .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinação da composição centesimal .....</b>	<b>29</b>
3.3.1	Determinação do teor de umidade .....	29
3.3.2	Determinação de Cinzas (AOAC,1997) .....	29
3.3.3	Determinação do teor de lipídeos totais .....	29
3.3.4	Determinação de proteínas bruta .....	30
3.3.5	Determinação de carboidratos (AOAC,1997) .....	30
<b>3.4</b>	<b>Análise de perfil de ácidos graxos .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise de perfil de aminoácidos.....</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Determinação de elementos essenciais e contaminantes tóxicos .....</b>	<b>31</b>
3.6.1	Preparo da amostra por radiação em forno micro-ondas.....	31
3.6.2	Análise de contaminantes tóxicos por GFAAS .....	32

3.6.3	Análise de elementos essenciais por FAAS .....	32
3.6.4	Análise de mercúrio (Hg) .....	34
<b>3.7</b>	<b>Cálculo da estimativa de ingestão semanal de elementos essenciais e tóxicos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.8</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Dados biométricos .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Perfil de ácidos graxos.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b>Perfil de aminoácidos em peixes.....</b>	<b>44</b>
<b>4.4</b>	<b>Elementos essenciais e contaminantes em diferentes períodos sazonais presentes nos filés .....</b>	<b>47</b>
4.4.1	Elementos essenciais no período seco e chuvoso .....	47
4.4.2	Elementos Contaminantes no Período Seco e Chuvoso do Tecido Muscular .....	51
<b>4.5</b>	<b>Elementos essenciais em diferentes períodos sazonais presentes no fígado .....</b>	<b>54</b>
4.5.1	Elementos Essenciais no Período Seco e Chuvoso do Fígado .....	54
4.5.2	Elementos Contaminantes no Período Seco e Chuvoso do Fígado .....	56
<b>4.6</b>	<b>Estimativa de ingestão semanal de elementos essenciais e tóxicos e porcentagem do PTWI. ....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O pescado é uma das principais fontes de consumo de proteína de origem animal na região norte, sendo considerado um hábito diário e culturalmente expressivo presente na população local. A pesca praticada na região, a pesca é considerada uma das atividades mais exploradas, em geral é praticada de forma artesanal, assim como em toda a Amazônia (ISAAC e BARTHEM, 1995), com exceção para a pesca da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*). Na cidade de Belém-PA, quantidades significativas de pescado são comercializadas diariamente no mercado do Ver-o-Peso, considerada como a maior feira da América Latina onde ocorrem atividades relativas à comercialização de grande parte da produção pesqueira oriundas do estuário paraense (LOUREIRO, 1985; FURTADO, 1993; SILVA e RODRIGUES, 2016).

No estuário do rio Pará, localiza-se a cidade de Barcarena, esta região tem grande influência de águas fluviais, considerada uma região de transição fluvio-marinha, caracterizada por grande descarga de água doce e reduzida salinidade (GREGÓRIO e MENDES, 2008). A região no entorno dessa cidade se destaca na pesca artesanal e na elevada dependência da população em relação aos recursos pesqueiros. A cidade é caracterizada pela presença de pólos industriais, sendo considerado o maior porto industrial do estado do Pará, o Porto de Vila do Conde, que atende um importante complexo alumínico formado pelas empresas como o Alumínio Brasileiro S.A. (ALBRÁS), Alumina do Norte do Brasil S.A. (ALUNORTE), Alumínios de Barcarena S.A. (ALUBAR) e um pólo caulínifero, constituído pelas empresas Pará Pigmentos S.A e Imerys Rio Capim Caulim S.A. (PRATBEL, 2008) e movimenta produtos como caulim, alumina e alumínio produzidos e beneficiados pelas empresas sediadas na região.

Na região da baía de Guajará e na cidade vizinha Barcarena predominam as espécies presentes nesse estudo, bem como, na porção superior da baía de Marajó, uma vez que se registra percentagem similar de espécies marinhas e de água doce, dependendo do período do ano (BARTHEM, 1985). Considerando o limite inferior da baía, supostamente fluvial, registram-se em Abaetetuba (município vizinho de Barcarena), como predominantes, espécies típicas de água doce, como o curimatã (*Prochilodus nigricans*), com 2,1% (THOMÉ-SOUZA et al., 2007).

Um fator determinante na coleta das espécies é a sazonalidade, pois na Amazônia existem duas estações distintas: o período mais chuvoso e menos chuvoso, considerados o inverno e o verão amazônico contribuem de forma significativa para o cenário fluvial, uma vez que, dependendo do período sazonal, os rios encontram-se cheios ou secos (SILVA, 2006). No mercado de peixe do Ver-o-Peso, em Belém-PA, a origem dos peixes comercializados pode oscilar dependendo da época do ano.

O pescado é considerado uma importante fonte proteica na alimentação, entretanto, este alimento pode representar um dos principais veículos de contaminação por metais pesados para o homem via cadeia alimentar (LIMA, 2015), uma vez que os peixes possuem uma grande capacidade de bioacumular substâncias em tecidos como músculo e órgãos como fígado e rins (ADEYEMO, 2010; AWHEDA, 2015). Sendo considerados excelentes bioindicadores dos ambientes em que habitam.

Nos últimos anos, devido ao intenso processo de urbanização e industrialização o derramamento de produtos químicos de mineradoras ocasionou em vários acidentes ambientais em Vila do Conde, tornando-se uma área potencial de risco de poluição e trazendo transtornos à população, principalmente àquela porção que se utiliza dos recursos pesqueiros como fonte de renda e alimento. De acordo com os dados emitidos pelo boletim do Instituto Evandro Chagas (2018) após um acidente de vazamento da barragem de uma empresa mineradora localizada em Barcarena-PA, região próxima à capital paraense, detectou-se que havia a presença de efluentes contaminantes em rios e igarapés com elementos químicos (Fe, Cu) e elementos tóxicos (Hg e Pb) e estes encontravam-se em níveis acima do que prevê a legislação brasileira. Logo, peixes oriundos desses ambientes não deveriam ser utilizados para consumo humano, recreação ou pesca.

Levando-se em consideração este contexto, os riscos relacionados ao elevado consumo de pescado pode proporcionar o aumento da exposição a determinados xenobióticos (VALANDRO, 2010; SOUZA, 2018), como efluentes domésticos e industriais, substâncias químicas de pesticidas e fungicidas utilizados na agricultura e rejeitos da exploração mineral que são grandes fontes de metais pesados para o sistema aquático (PYLE, 2005; MOISEENKO e KUDRYAVTSEA 2011), ocasionando um agravo à saúde pública, principalmente para indivíduos que possuem como base de sua alimentação esta fonte proteica.

Em relação aos benefícios, do ponto de vista nutricional, minerais presentes no pescado amazônico como cobre, ferro, sódio, magnésio e zinco são considerados essenciais para seres vivos, visto que, de acordo com Guerra (2018), são agentes importantes para a prevenção das doenças crônicas, quando consumido em quantidades adequadas, segundo as recomendações diárias preconizadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2013). Portanto, a diminuição ou o não consumo desses alimentos na dieta pode representar potencial abertura para o surgimento dessas morbidades, entretanto, altas concentrações de minerais, podem se tornar indesejáveis e tóxicos, acarretando em algumas doenças para o indivíduo.

Deste modo, no sentido de contribuir com informações importantes relacionadas ao consumo do pescado amazônico, uma vez que, a maioria dos peixes é desembarcada em Belém, torna-se de extrema importância analisar algumas espécies, com o intuito de verificar se o consumo destes alimentos apresenta riscos ou benefícios à saúde.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo determinar as concentrações de minerais, ácidos graxos e aminoácidos e elementos tóxicos de três espécies de peixes da região Amazônica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Espécies da região Amazônica

A presença de espécies de pescado em rios e mares varia ao longo do ano, devido às características locais climatológicas e os padrões de desova (TUBINO, 2007). De acordo com Melo (2009), as espécies alvo das pescarias artesanais e de pequena escala são: pescada-gó (*Macrodon ancylodon*) e curimatã (*Prochilodus nigricans*). Enquanto que a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) é alvo de captura da pesca industrial (MELO, 2009). No sentido de contribuir com informações importantes, justifica-se os interesses relacionados a estas espécies amazônicas, uma vez que são consideradas comercialmente importantes no município de Belém.

#### 2.1.1 Aspectos gerais da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*)

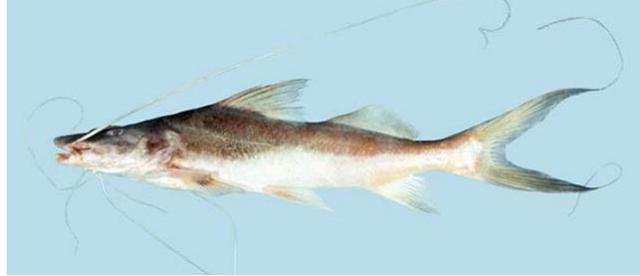
A piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) é uma espécie de bagre de água doce da ordem dos *Siluriformes* e família *Pimelodidae*, possui nadadeira adiposa bastante desenvolvida. De acordo com o Barthem (2015), esse peixe possui extrema importância econômica para as atividades pesqueiras na calha do rio Amazonas e regiões menos salinas do seu estuário, sendo considerado o recurso pesqueiro mais abundante da foz Amazônica e um dos mais importantes de toda a bacia do rio Amazonas, explorado pela pesca artesanal e industrial (BARTHEM e GOULDING, 2007). É uma espécie demersal (profundidade de 5 a 10 metros) e possui como habitat, principalmente, a foz Amazônica, os canais dos rios Solimões/Amazonas e a baía de Marajó.

A piramutaba realiza uma migração anual entre a parte mais interna do estuário amazônico, sendo a sua área de criação e alimentação e a fronteira entre Brasil-Peru-Colômbia, sua área de reprodução (BARTHEM e GOULDING, 1997; BARTHEM, 2015), este movimento é influenciado pela sazonalidade da vazão do rio Amazonas, no entanto, espécie se concentra em áreas do estuário mais distantes da costa no primeiro semestre do ano, período de maior vazão do rio Amazonas (ZAGAGLIA et al., 2009). Essa espécie é apresenta um alto poder migratório, chegando a percorrer mais de 4.000 km em períodos de desova.

Esta espécie se reproduz no período das enchentes, no alto Solimões, com os alevinos crescendo no estuário nas proximidades da Baía de Marajó. Como alimento, possui elevada

aceitabilidade, devido ao seu sabor agradável e de bom rendimento industrial, sendo destinada tanto para consumo interno, quanto para exportação (Figura 1).

Figura 1 - Exemplar de Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*).



Fonte: fishbase.se

### 2.1.2 Aspectos gerais da pescada-gó (*Macrodon ancylodon*)

A espécie cujo nome científico é *Macrodon ancylodon* pertence à família Sciaenidae, um cienídeo demersal com ampla distribuição geográfica, assume um comportamento migratório, sendo encontrada em águas tropicais da Venezuela até as águas subtropicais da Argentina, as larvas podem ser encontradas em águas estuarinas da região norte (CASTRO, 2018). Os locais que apresentam a maior abundância dessa espécie são no cenário regional do Norte do Brasil, o que representa um peixe de relativa importância para a pesca artesanal e consumo da espécie pela população local. Esse peixe apresenta ampla distribuição e diversas denominações vulgares são encontradas tais como: pescadinha-gó, Pescada-Gó e corvina de boca-mole na região Norte (IKEDA, 2003).

Essa espécie é classificada como médio porte que alcança 40 cm de comprimento (Figura 2). Muito apreciado pela população ribeirinha, comercializado nos mercados e feiras da região e de hábito alimentar carnívoro, alimenta-se de peixes pequenos, crustáceos e cefalópodes. Seu habitat predominante é substrato arenoso ou barrento em águas costeiras até cerca de 60 m de profundidade (FIGUEREDO et al., 2014), pode ser considerado um excelente indicador biológico de bioacumulação de elementos químicos.

Figura 2 - Exemplar de pescada-gó (*Macrodon ancylodon*)



Fonte: Greefishbr.com

### 2.1.3 Aspectos gerais do curimatã (*Prochilodus nigricans*)

O *Prochilodus nigricans*, também chamada de curimatã-pacu ou curimatã (Figura 3) está presente em todas as regiões do Brasil, as maiores como a curimatã-pacu (*P. marggravii*) pode chegar a 60 cm e atingir mais de 8 quilos, essa espécie pertence à família Prochilodontidae, seu hábito alimentar é detritívoro, alimenta-se de algas, de micro-organismos e da matéria orgânica em decomposição, geralmente depositada em sedimentos e no fundo de rios e lagos de planície. Essa classe de peixe desempenha um importante papel nos ecossistemas onde vive, pois costuma alimentar-se de restos orgânicos como sedimentos orgânicos e vegetais no fundo de rios e pode atuar ainda na depuração de cursos d'água sujeitos à poluição orgânica, poços ou remansos, saídas de corredeiras e confluências dos grandes rios.

A espécie realiza longas migrações reprodutivas, suas larvas derivam rio abaixo penetrando em áreas alagáveis no início das inundações por meio de canais, paranás e igarapés, onde encontram alimento e abrigo para seu crescimento até a fase juvenil (MOUNIC-SILVA; LEITE, 2013). O curimatã tem grande importância nas pescarias comerciais e artesanais no Estado, estes são capturados em grandes cardumes, sendo espécies importantes comercialmente, principalmente para as populações de baixa renda.

Figura 3 - Exemplar de curimatã (*Prochilodus nigricans*)



Fonte: alchetron.com

## 2.2 Composição química e nutricional do pescado

O peixe é uma das principais fontes de proteína na alimentação humana, caracterizado por elevada digestibilidade e alto valor biológico, sendo um alimento mais saudável do ponto de vista nutritivo (ORDONEZ, 2005). Segundo as estimativas realizadas em 2015 pelo MPA, mostrou que o consumo de pescados no Brasil é de 10,6 kg por habitante/ano, valor ainda considerado abaixo do recomendado pela WHO (1985) que é de 12

kg por habitante/ano, no entanto, esses valores apresentam-se em crescente evolução quanto ao consumo dessa fonte.

Em sua composição nutricional, contém água, proteínas e outros compostos nitrogenados, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais. Segundo Ogawa (1999), a composição química do músculo do pescado pode conter em torno de 60% a 85% do teor de umidade, 20% de proteína, 1% a 2% de cinzas (sais minerais), 0,3% a 1,0% de carboidratos e 0,6 a 36% de lipídeos. O teor em água e o tipo de interação entre este constituinte e as proteínas, carboidratos, lipídeos e minerais determinam de modo significativo sua textura (BELITZ, et al., 2004).

As proteínas do músculo dos peixes podem ser divididas em três grupos: sarcoplasmáticas, contráteis ou estruturais. A qualidade de uma determinada fonte protéica é determinada, principalmente, por dois fatores: sua digestibilidade e composição em aminoácidos (IOM, 2005).

Segundo Menegassi (2011), o teor de proteínas é praticamente o mesmo ao de outras carnes, como a de gado e frango, no entanto, a composição de aminoácidos essenciais (histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, metionina, treonina, triptofano e valina) é balanceada e completa, com maior quantidade de lisina e metionina.

Quanto aos lipídios que englobam todos os constituintes do tecido adiposo e estes formam um grupo de compostos de natureza química muito variável. O perfil lipídico apresenta quantidades reduzidas de gordura saturada e elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), do tipo ômega-3, capazes de reduzir o risco de doenças crônicas. Os três ácidos graxos ômega-3 mais importantes para a dieta humana são: o eicosapentaenoico (EPA), docosaenoico (DHA) e o alfa-linolênico (ALA).

Os ácidos graxos insaturados naturais ocorrem normalmente com configuração *cis* (Z). Enquanto que, os ácidos graxos poliinsaturados possuem outra nomenclatura, além da IUPAC, bastante utilizada para descrevê-los, que é o sistema ômega, que se refere à posição das ligações duplas, em relação ao carbono mais afastado do grupo carboxila. Por exemplo, o ácido linoléico que possui nome da IUPAC como ácido (Z, Z)-9,12-octadecadienóico pertence à série  $\omega$ -6, enquanto que o ácido  $\delta$ -linolênico nomeado de ácido (Z, Z, Z)-9,12-15-octadecatrienóico, pertence à série  $\omega$ -3 (CURI, 2002).

Segundo Afonso *et al.* (2013), a nível molecular, os ácidos graxos encontrados no pescado são superiores a vinte átomos de carbono e possuem mais de quatro duplas ligações ocorrendo significativamente em maior quantidade quando comparado a outros alimentos de origem animal. Além disso, mais de 40% dos lipídios existentes no pescado são formados por ácidos graxos de cadeia longa, isto é, entre 14 a 22 carbonos e insaturados. Em peixes marinhos, a percentagem de ácidos graxos poliinsaturados pode atingir até 88%.

Diversos fatores influenciam o conteúdo de lipídios no pescado, incluindo espécie, dieta, época do ano, temperatura da água e até a parte do corpo analisada, portanto os peixes podem ser classificados quanto ao teor de gordura, podendo ser magros quando apresentar teor de gordura menor que 2%, semigordos (2 a 4% de lipídios) e gordos (acima de 8%) (ACKMAN, 1989; SARTORI & AMANCIO, 2012).

Segundo Almeida e Franco (2006), os ácidos graxos apresentam importante papel no tecido biológico porque influenciam propriedades como a integridade, fluidificação, permeabilidade e atividades enzima-membrana; são precursores de eicosanóides; são necessários para manter a impermeabilidade da pele e estão envolvidos no transporte e metabolismo do colesterol. Todos os membros das famílias de ácidos graxos podem ser sintetizados biologicamente a partir dos ácidos graxos oferecidos da dieta.

Os minerais são elementos inorgânicos (geralmente um metal), combinados com algum outro grupo de elementos químicos, como por exemplo, óxido, carbonato, sulfato, fósforo. Porém, no organismo, os minerais não estão combinados desta forma, mas de um modo mais complexo, ou seja, quelados, o que significa que são combinados com outros constituintes orgânicos, como as enzimas, os hormônios, as proteínas e, principalmente, os aminoácidos.

A importância dos minerais como constituintes dos alimentos depende, não só do seu papel nutricional e fisiológico, mas também da sua contribuição para os atributos sensoriais como sabor e textura (BELITZ *et al.*, 2004). O pescado normalmente é bastante valorizado pelo seu conteúdo em fósforo e cálcio, além de quantidades satisfatórias de ferro, cobre, selênio e iodo, especialmente os peixes oriundos de água doce, devido menor concentração de sódio (GONÇALVES FERREIRA, 2011).

Entretanto, a composição química do pescado pode variar de uma espécie para outra, inclusive, em indivíduos da mesma espécie. Segundo Pereda *et al.* (2005), o que se tem

observado que tais variações estão relacionadas a diversos fatores, como sazonalidade, período de captura, a zona geográfica e com particularidades como a idade, sexo e tamanho do indivíduo. Em consequência disso, esses fatores irão influenciar no valor nutricional dos mesmos.

### **2.3 Riscos da exposição humana a elementos químicos através da alimentação**

Um elemento que é considerado tóxico é toda e qualquer substância que possui efeitos danosos ao organismo, em suas funções metabólicas normais. Por sua vez, metais essenciais podem tornar-se nocivos ao organismo humano quando consumidos, através de alimentos, em quantidades excessivas do que nutricionalmente é desejável ou em casos de exposição por outras vias (GOBBI, 2007).

Para o ser humano, existem alguns elementos essenciais como o cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre, estanho, vanádio, cromo, manganês, molibdênio, cobalto e níquel (EMSLEY, 2001; LIMA, MERÇON, 2011). Dessa relação, pode-se constatar que até alguns microelementos como ferro, cobre, zinco são considerados substâncias essenciais aos processos biológicos, no entanto, quando se encontram em concentrações elevadas são considerados tóxicos (KENNISH, 1991; HEATH, 1995; LINS, et. al, 2010).

Portanto, o problema de contaminação por estes constituintes é considerado de extrema importância global. A contaminação da água por elementos tóxicos tem repercutido diretamente na contaminação de produtos alimentares. De acordo com órgãos de saúde como a Organização Mundial da Saúde (OMS), 90% da ingestão de alguns elementos tóxicos ocorre por meio de consumo de alimentos. Fato que gera uma preocupação importante, não só por causa da ameaça em peixes, mas também devido a riscos de saúde associados com o consumo de peixe.

### **2.4 Elementos tóxicos em sistemas aquáticos**

Os metais têm contribuído de forma significativa para a poluição do ar, da água e do solo. O aumento mundial da contaminação de sistemas de água doce com inúmeros compostos químicos industriais e naturais é atualmente um dos principais problemas ambientais (SCHWARZENBACH, et al., 2006; SAMPAIO, 2013).

Isto ocorre devido à biota aquática está constantemente exposta a um grande número de substâncias tóxicas lançadas no ambiente. A fonte dessa contaminação é diversa, entre elas

os efluentes industriais, processos de drenagem agrícola (fertilizantes, agrotóxicos), derrames acidentais e não acidentais de lixos químicos (metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos) a lixos domiciliares que acabam por chegar a rios e mares, gerando a contaminação dos ecossistemas aquáticos (RASHED, 2001; LINS, et al., 2010).

A contaminação ocasionada por elementos traço ocorre principalmente como consequência da exploração e do processamento de minérios; das indústrias de galvanização, manufatura de tintas e têxteis; das descargas de resíduos produzidos em embarcações; e da deposição de esgotos e entulhos de dragagens (ABEL, 1989; KENNISH, 1991; LINS, et al., 2010). Muitos desses processos industriais produzem metais tóxicos como chumbo, cobre ou subprodutos, tais como tributilestano e óxidos de cobre, presentes na produção de tintas anti-incrustação.

A determinação de substâncias em água do mar é de grande importância, devido ao seu aspecto toxicológico e em função de sua cumulatividade na cadeia alimentar. Os metais como chumbo e mercúrio não possuem função biológica conhecida e comumente apresentam toxicidade aos organismos.

Observa-se, ainda, com base em estudos recentes, significativa preocupação de médicos e cientistas a respeito da intoxicação crônica e sub-clínica por metais presentes no ambiente, como relata uma pesquisa científica que coloca ênfase no efeito deletério ao sistema nervoso em crianças sendo ocasionada por chumbo e mercúrio (MELLO-DA-SILVA; FRUCHTENGARTEN, 2005).

#### 2.4.1 Chumbo (Pb)

O chumbo presente na atmosfera encontra-se em torno de 96% em sua forma antropogênica. Portanto, ele é considerado como um dos contaminantes mais comuns do ambiente. Suas principais fontes são o ar atmosférico, tabagismo, bebidas e alimentos, nestes últimos, naturalmente, por contaminação do produto e/ou da embalagem. Além disso, pode estar presente em emissões dos escapes de automóveis e de descargas industriais, bem como o uso indevido de tintas e tubulações e acessórios à base de chumbo. A contaminação por água ocorre devido à passagem desta por soldas ou canos com o elemento químico. A absorção deste elemento no organismo humano pode ocorrer por vias digestivas e respiratórias (SANTOS, 2011).

A exposição e o contato ao chumbo podem ocasionar grandes danos à saúde do homem. O chumbo age principalmente em três sistemas: sistema hematológico, sistema nervoso central e sistema renal (SANTOS, 2011). A concentração de Pb no plasma pode espalhar-se pela corrente sanguínea e atingir órgãos alvos. O sistema nervoso central é o alvo preferencial da toxicidade por chumbo. Além de acometer lesões renais e danos hepáticos (LUCKEY; VENUGOPAL, 1977; LEE et al., 2011), doenças cardiovasculares, alterações nos níveis de vitamina D e no sistema hematológico ocasionando em uma anemia normocítica. E em casos mais graves, pode resultar em coma, retardo mental e até óbito (AL-BUSAIDI et al., 2011).

No meio aquático, a exposição de peixes ao chumbo acarreta na hiperprodução de muco nas brânquias e na pele, provocando assim, distúrbios na regulação iônica e no surgimento da anemia. As regiões mais atingidas por este elemento em peixes são as guelras, fígado, rins e ossos (IARC, 2006).

#### 2.4.2 Mercúrio (Hg)

Diversas regiões estuarinas amazônicas têm registrado problemas de contaminação por metais, em particular de mercúrio. Sabe-se que a concentração de mercúrio nos rios da bacia amazônica é um assunto que tem despertado bastante interesse em vários pesquisadores nos últimos anos, em razão da intensa atividade garimpeira de ouro ocorrida durante as décadas de 1970 e 1980 na região (OLIVEIRA, 2015).

Dentre os elementos tóxicos presentes destaca-se o mercúrio (Hg), o qual apresenta elevada toxicidade, além de ser o único metal capaz de sofrer biomagnificação em quase todas as cadeias alimentares, isto é, sua concentração aumenta conforme aumenta o nível trófico da espécie (UNEP, 2002). Isso resulta em exposição ambiental via cadeia alimentar bastante alta para consumidores de níveis tróficos elevados, incluindo o homem.

Alguns autores como Wasserman, Hacon, Wasserman (2001) e Martins et al., (2004) afirmam que os solos da região amazônica apresentam elevados níveis de mercúrio. Diversos estudos têm sido realizados estão correlacionando a presença de metais na água, sedimentos e peixes amazônicos com as atividades de mineração em áreas próximas aos leitos dos rios.

A atividade responsável por impactos ambientais na bacia desse rio, especialmente pela geração e descarte de rejeitos da exploração do ouro, que contém metais pesados, principalmente o mercúrio. Diversos metais foram analisados em água e peixes e os

resultados mostraram que principalmente o Hg apresentou concentrações acima do valor máximo permitido pela legislação de saúde, tanto em peixes quanto na água do rio (OLIVEIRA, 2015).

## 2.5 O peixe como bioindicador do ecossistema aquático

Bioindicadores podem ser definidos como organismo ou sistemas biológicos que reagem a alterações ambientais com a modificação de suas funções vitais normais e/ou de sua composição química, refletindo o atual quadro ambiental, ou, sinalizando um evento ou condição num sistema biológico ou amostra, que fornece uma medida de exposição, efeito ou susceptibilidade (AITIO et al., 2007).

A utilização do pescado como bioindicador apresenta diversas vantagens, segundo Flotemersch et al. (2006), dentre estas podemos citar, que os mesmos sempre estão presentes em ecossistemas aquáticos de todos os tamanhos, como em rios, lagoas, mares. Além disso, indicam efeitos a longo prazo e condições do *habitat* numa escala ampla, uma vez que, apresentam ciclos de vida mais longos que demais bioindicadores utilizados, além de outros aspectos positivos.

As concentrações de metais assimiladas por esses sistemas aquáticos naturais podem ser encontradas em doses equivalentes em nanogramas (ng) a microgramas por litro ( $\mu\text{g/l}$ ). Esses metais incluem elementos essenciais ao organismo como: Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), Sódio (Na) e Zinco (Zn) são denominados como elementos-traço, ou seja, são indispensáveis nos processos fisiológicos (OLIVEIRA, 2003). Além disso, demais metais identificados podem ser considerados como não-essenciais ao organismo, dentre eles: chumbo (Pb) e mercúrio (Hg). No ambiente aquático esses metais transitam por diversos níveis da cadeia trófica e acabam atingindo o homem.

A absorção dos metais em pescado ocorre através de duas rotas: primeiramente a exposição pode ser assimilada por meio do aparelho digestivo através da dieta e/ou pela superfície das brânquias na água (PTASHYNSKI et al., 2002; INÁCIO, 2006). Após serem absorvidos, os metais são transferidos através da corrente sanguínea para outros órgãos-alvo (TURKMEN et al., 2009), no entanto, se sequestrados por metalotioneínas ou estocados nos lisossomos são considerados detoxificados e não mais disponíveis a alvos celulares (INACIO, 2006).

## 2.6 A legislação para o consumo de minerais e elementos tóxicos

A ANVISA (2005) define como Ingestão Diária Recomendada (IDR), a quantidade de proteína, vitaminas e minerais que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia. Portanto, é de extrema importância que se alcance essas necessidades diárias através da alimentação, pois os microelementos essenciais auxiliam nos processos fisiológicos do organismo. Entretanto, em certos níveis de concentração, ou seja, acima do recomendado, são considerados potencialmente tóxicos.

Dentre os elementos indispensáveis ao organismo, destaca-se o ferro, que está presente em todas as células dos organismos vivos e desempenha um papel vital em diversas reações bioquímicas. Enquanto que, o zinco (Zn) é um elemento traço, que possui funções bioquímicas relevantes no metabolismo humano. O cobre (Cu) é importante no processo de transferência biológica de elétrons, e é vital para a síntese de glóbulos vermelhos e a manutenção da estrutura e funcionamento do sistema nervoso (DABBAGHMANESH et al., 2011). O manganês (Mn) é um oligoelemento encontrado em todos os tecidos e está envolvido na função de inúmeros sistemas orgânicos. É fundamental ao sistema imunológico, para a regulação do açúcar no sangue e energia celular, reprodução, digestão, crescimento ósseo e até mesmo como antioxidante celular (ASCHNER, 2005). Conforme a Resolução da ANVISA, proposta pela resolução-RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de minerais para adultos estão citados na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingestão diária Recomendada (IDR) de minerais para adultos.

<b>Minerais Essenciais</b>	<b>Ingestão Diária Recomendada (mg/kg)</b>
<b>Cu</b>	30
<b>Fe</b>	14
<b>Zn</b>	7
<b>Ca</b>	1000
<b>Mg</b>	260
<b>Na</b>	2000

Fonte: BRASIL (2013).

Em relação às substâncias inorgânicas, que em níveis superiores ao limite da ingestão diária máxima preconizada pela Organização Mundial de Saúde, são consideradas tóxicas. Esses compostos são denominados pela Legislação Brasileira como “Aditivos Incidentais”, (Decreto-Lei nº 986 de 21/10/69 – D.O.U. de 21/10/69), segundo o Comitê Misto de Peritos

da FAO/OMS (2011) sobre Aditivos para Alimentos da Comissão do Codex Alimentarius, dentre os elementos traço que se enquadram nesse quesito são: chumbo e mercúrio (Tabela 2).

Tabela 2 - Limites máximos permitido de concentração de Pb e Hg em peixes.

Elementos	Limite máximo permitido ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Fontes
Chumbo	2	Outros alimentos
Mercúrio	0,5	Pescado

Fonte: Brasil (1998).

## 2.7 Limite de ingestão semanal de elementos tóxicos em peixes

A alimentação é o principal veículo de exposição a contaminantes para a população. A ingestão alimentar é a principal fonte de exposição a contaminantes para a maioria da população, representando um componente fundamental na avaliação de risco à saúde humana (CLARKE; CONNOLLY; ELLIOTT, 2015), pois a ingestão excessiva de substâncias tóxicas no alimento pode afetar a integridade da saúde do consumidor fazendo com que o mesmo não represente um alimento seguro.

Nesse sentido, a World Health Organization (1987) desenvolveu uma metodologia que permite estimar o limiar de determinado contaminante no alimento que não causa danos à saúde, este limite é representado pelo PTWI (Ingestão semanal tolerável provisória) o qual tem sido utilizado como um padrão de consumo seguro.

O PTWI foi desenvolvido como um parâmetro de ingestão segura para humanos, baseado na hipótese de que limites de ingestão de concentrações, de modo a não apresentarem efeitos tóxicos, como a necrose celular, por exemplo. Este é expresso em base semanal por quilo de peso corporal e representa uma estimativa da quantidade de determinado contaminante que pode ser consumido e acumulado no organismo humano sem oferecer risco significativo para efeitos deletérios ao homem

Esse indicador representa o parâmetro de consumo seguro para humanos, baseado na hipótese de que existem limites para determinados efeitos tóxicos. Este é expresso em base semanal por quilo de peso corporal e representa uma estimativa da quantidade de determinado contaminante que pode ser consumido e acumulado no organismo humano sem oferecer risco de desenvolvimento de efeitos nocivos aos indivíduos.

O comitê científico internacional de especialistas em aditivos alimentares pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e pela OMS (World Health Organization) denominada JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)

(2016). Segundo a Organización Mundial de la Salud (1995), determina como aditivo alimentar qualquer substância que não se consome normalmente como alimento, nem utiliza como ingrediente básico em alimentos, tendo ou não valor nutritivo, e cuja adição intencional ao alimento com fins tecnológicos e sensoriais em suas fases processamento, transporte ou armazenamento em um componente do alimento ou um elemento que afete suas características satisfatórias. O comitê propôs um limite de ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) para PTWI para os elementos tóxicos como Hg = 25 µg/kg, e Pb = 5 µg/kg. De acordo com o estudo de Passos e Mergler (2008) para investigar a exposição ao mercúrio e os efeitos à saúde humana na região Amazônica (Brasil), a ingestão de Hg por meio do consumo de pescados foi cerca de 1,5 µg/kg/dia que representa 15 vezes o valor recomendado pela US EPA (0,1 ug/kg/dia) e 6,5 vezes o valor estipulado pelo JECFA (0,23 µg/kg/dia). Além disso, foi observado em algumas regiões, déficits neuro comportamentais em adultos e crianças.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta das amostras

A coleta das amostras dos peixes foi realizada no mercado de peixe do Ver-o-Peso, em Belém, em dois períodos sazonais: junho de 2016 (período seco) dezembro de 2016 (período mais chuvoso). Foram utilizados 10 exemplares de cada uma das espécies: curimatã (*Prochilodus nigricans*), pescada-gó (*Macrodon ancylodon*) e piramutaba (*Brachyplatystoma vaillanti*) em cada período sazonal. Os peixes inteiros foram transportados para o Laboratório de Produto de Origem Animal (LAPOA) da Universidade Federal do Pará. No laboratório os peixes foram pesados e medidos sendo em seguida embalados à vácuo e mantidos a -18 °C.

#### 3.2 Tratamento preliminar das amostras

Para as análises, os filés e fígados dos peixes foram separados e, em seguida, liofilizados (L101, Liotop, São Carlos, Brasil) à -49 °C sob pressão reduzida de 0,632 mmHg por 48 h.

#### 3.3 Determinação da composição centesimal

##### 3.3.1 Determinação do teor de umidade

Foram pesados em balança analítica 5 g da amostra em cadinhos de porcelana e foi determinado e expresso em porcentagem de acordo com o método oficial preconizado pela AOAC (1997).

##### 3.3.2 Determinação de cinzas

De acordo com a metodologia oficial preconizada pela AOAC (1997).

##### 3.3.3 Determinação do teor de lipídeos totais

Empregou-se o método de Bligh & Dyer (1959). A porcentagem de lipídeos foi calculada pela Equação 1:

$$\%Lipídeos = \frac{p * 4}{m(g)} * 100 \quad (1)$$

Onde: p = peso (g) dos lipídeos contidos na fase clorofórmica; m = peso (g) da amostra seca.

### 3.3.4 Determinação de proteína bruta

O método foi realizado em três etapas, digestão, destilação e titulação, de acordo com o descrito por Kjeldahl (AOAC, 1995). Os resultados foram obtidos aplicando-se a Equação 2:

$$\%N = \frac{V_{HCL} * N * F_C * PM_{nit} * 100}{P_{amostra}} \quad (2)$$

Onde: %N = porcentagem de nitrogênio; VHCL = volume em (mL) de HCl gasto na titulação; N = normalidade do HCl; FC = fator de correção do HCl; PMNit = peso molecular do nitrogênio; Pamostra = peso da amostra em (g).

### 3.3.5 Determinação de carboidratos

O percentual de carboidrato nas amostras foi obtido por diferença [%CHO = 100 – (%água + %PT + %LT + %CZ)], conforme descrito por Brasil/ANVISA (2001).

### 3.3.6 Valor energético (VE)

Utilizando-se os fatores de conversão de Atwater de 4,0 kcal.g<sup>-1</sup> para proteína e carboidrato e de 9,0 kcal.g<sup>-1</sup> para gordura, empregou-se a expressão abaixo para o cálculo de VE (BRASIL/ANVISA, 2001) (Equação 1):

$$VE \text{ (kcal.100 g}^{-1}\text{)} = \%LT \times 9 \text{ kcal.g}^{-1} + \%PT \times 4 \text{ kcal.g}^{-1} + \%CHO \times 4 \text{ kcal.g}^{-1}$$

## 3.4 Análise de perfil de ácidos graxos

A determinação da composição em ácidos graxos foi realizada utilizando metodologia da AOAC (2000) por cromatografia em fase gasosa, no Laboratório de Lipídeos do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo.

Foi utilizado Cromatógrafo a Gás GC 17 A Shimadzu/ Class GC 10; Coluna cromatográfica de sílica fundida Carbowax 20 M (polietilenoglicol) de 30 metros, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura da fase estacionária de 0,25 microns; programação de temperatura da coluna: aquecimento a 1 °c/min. de 170 °c até 225 °c, permanecendo nesta

temperatura por 10 min; temperatura do injetor: 250 °c; temperatura de detector: 270 °c; gás de arraste: hélio (1 ml/min.); razão de divisão da amostra no injetor (split) = 1:50.

Para a identificação dos ácidos graxos foram utilizados padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos puros, comparando-se o tempo de retenção dos ésteres metílicos das amostras e dos padrões. A quantificação foi feita por normalização de área, expressando-se o resultado em percentual de cada ácido sobre o total de ácidos graxos. A quantificação foi efetuada utilizando *software* integrador processador acoplado ao cromatógrafo, sendo a quantidade de amostra injetada equivalente à área total dos picos.

### 3.5 Análise de perfil de aminoácidos

A determinação dos teores de aminoácidos foi efetuada por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). As amostras passaram por hidrolisação prévia com ácido clorídrico (HCl) 6 N, seguida de derivação dos aminoácidos com fenilisotiocianato (PITC) e separação dos derivativos feniltiocarbamilaminoácidos em coluna de fase reversa, com detecção por UV, a 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multinível, com o auxílio do ácido  $\alpha$ -aminobutírico (AAAB), como padrão interno para aminoácidos totais (White et al. 1986). A partir dos dados dessas análises, foi estimado o escore de aminoácidos essenciais (EAE), sendo os valores do conteúdo de aminoácidos essenciais expressos em mg de aminoácido por 100 g de proteína e com parados com o padrão (WHO 2007).

### 3.6 Determinação de elementos essenciais e tóxicos

A determinação de elementos essenciais (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na e Zn) e o contaminante tóxico Pb foram implementadas no laboratório do Grupo de Espectrometria Analítica Aplicada (GEAAp) na Universidade Federal do Pará.

#### 3.6.1 Preparo da amostra por radiação em forno microondas

Inicialmente foi realizado o procedimento de digestão das amostras de tecidos e fígados de peixes através do auxílio do equipamento forno de micro-ondas com cavidade (Start E, Milestone, Sorisole, Itália), de acordo com a metodologia proposta por Cruz e colaboradores (2015). Mensurou-se uma massa de aproximadamente 0,250 g de amostra em triplicata ( $n=3$ ) e esta foi transferida para o frasco de reação, adicionou-se 4,0 ml de solução 3,5 mol L<sup>-1</sup> HNO<sub>3</sub> a 25% (v/v) e 4,0 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% (m/m). O programa de aquecimento

empregado consistia em 3 etapas: 200 °C por 10 min a 800 W (rampa); 200°C por 15 min a 800 W (patamar), e 0 W por 50 min (ventilação).

Os digeridos foram transferidos para os frascos volumétricos e diluídos para 14,0 ml com água deionizada. Os brancos analíticos foram preparados pelo mesmo procedimento sem adição da amostra.

### 3.6.2 Análise de contaminantes tóxicos por GFAAS

Os teores de Pb foram determinados nos digeridos por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (SpectrAA 240Z, Varian, Mulgrave, VIC, Austrália) equipado com amostrador automático e corretor de fundo com efeito Zeeman (Varian, Austrália). Como fontes de radiação foram utilizadas lâmpadas de catodo oco. O programa de aquecimento e os parâmetros instrumentais do GFAAS foram ajustados para cada elemento.

Os parâmetros instrumentais utilizados para determinação como: a corrente da lâmpada (mA), o comprimento de onda (nm), a resolução espectral (nm) e o coeficiente de correlação foram específicos para cada contaminante inorgânico e estão descritos na Tabela 3. O fluxo do gás de vazão foi de 300 ml min<sup>-1</sup>, tubos de grafite recobertos piroliticamente no estudo. Os copos do amostrador automático foram previamente descontaminados em banhos contendo 10% v/v HNO<sub>3</sub> por 24h.

A exatidão do procedimento foi investigada através do método de adição e recuperação de analito. Aos digeridos foram adicionadas as soluções padrão nas seguintes concentrações: 2, 5 e 8 µg/L de Pb. As soluções foram preparadas de micropipetas para pipetagem de volumes. Posteriormente a esta etapa, dosou-se o teor de Pb das amostras e a leitura no equipamento em triplicata. A partir dos resultados obtidos, calculou-se a concentração do elemento tóxico.

### 3.6.3 Análise de elementos essenciais por FAAS

Os teores de Ca, Cu, Fe, Mg, Na e Zn nas amostras foram determinados por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) (Ice 3000, Thermo Scientific, série AA, Cambridge, UK). A mistura de ar/acetileno foi utilizada como gás oxidante e combustível, respectivamente. Para impedir as interferências de ionização na determinação de Na foi adicionado às amostras, aos padrões e ao branco uma solução de KCl 1% (m v<sup>-1</sup>) (Impex, Brasil). La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Synth, Brasil) e HCl (37% m v<sup>-1</sup>) (Quimex, Brasil) foram usados para

preparar uma solução estoque de  $\text{LaCl}_3$  (10% m v<sup>-1</sup>) usada na diluição dos digeridos das amostras, padrões e branco na determinação de cálcio e magnésio quando a chama ar/acetileno é usada a fim de inibir a interferência química de alguns íons que podem estar presentes nas amostras.

Os parâmetros instrumentais estabelecidos para a determinação de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na e Zn e dos contaminantes tóxicos estão presentes na Tabela 1. A leitura das amostras foi realizada em triplicata. Para avaliar a exatidão das medidas por FAAS foi executada através de ensaios do método de adição e recuperação dos analitos, onde foram adicionadas alíquotas conhecidas dos mesmos nos digeridos.

Foram construídas curvas analíticas utilizando seis concentrações, (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mg/L) para o Cu; (2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 mg/L) para o Fe; (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mg/L) para o Mn; ( 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mg/L) para o Zn;

Tabela 3 - Parâmetros instrumentais para determinação de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na Ni, Pb e Zn nos peixes estudados por FAAS e GFAAS.

Elemento químico	Comprimento de onda (nm)	Corrente da lâmpada (mA)	Resolução espectral (nm)
Ca	422,7	5,0	0,5
Cu	324,8	4,0	0,5
Fe	248,3	6,0	0,2
Mg	285,2	4,0	0,5
Na	558,9	5,0	0,2
Pb	220,3	6,0	0,2
Zn	213,9	5,0	0,2
<b>CONDIÇÕES PARA GFAAS Pb</b>			
Fluxo do gás (L min <sup>-1</sup> ) 3,0			
Modificador químico (µL) 5,0			
Programa de aquecimento (°C) rampa (s), Patamar (s)			
	Secagem	95 (5, 40)	90 (5, 10)
	Secagem	120 (10, 5)	120 (15, 25)
	Pirólise	1400 (5, 5)	1000 (2, 5)
	Atomização	2500 (0, 5)	2100 (0, 5)
	Limpeza	2600 (1, 2)	2200 (1, 2)

Fonte: modelo adaptado de Cruz (2015)

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. As diluições foram executadas utilizando água destilada-deionizada obtida a partir de um sistema de purificação de água ELGA (Elgastat, Inglaterra). As soluções ácidas foram elaboradas utilizando  $\text{HNO}_3$  (Quimex, Brasil) purificado em destilador de quartzo empregando-se um sistema de sub-destilação (Quimis, Brasil). Como agente oxidante foi utilizado  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 30% (m v<sup>-1</sup>) (Impex, Brasil). As

soluções analíticas de referência para obtenção dos modelos de calibração foram dispostas a partir de diluições adequadas da solução estoque contendo 1000 mg L<sup>-1</sup> dos minerais Ca, Cu, Fe, Mg, Na e Zn (Specsol, São Paulo, Brasil).

#### 3.6.4 Análise de mercúrio (Hg)

Para análise de Hg nas amostras foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica (Mercury Analyzer, modelo Hg-201 Sanso Seisakusho, Tóquio, Japão). Inicialmente, adicionou-se as amostras 1mL de água deionizada, 2 mL de HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> (1+1), e 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em sequência. Aquecendo-se em uma chapa elétrica à temperatura em torno de 200 - 230°C durante 30 minutos. Deixou-se esfriar, em seguida, adicionou água deionizada para fazer um volume fixo (50 mL), sendo resultante como a solução amostra.

Para a leitura das amostras no equipamento foi empregado o método que envolve redução e espectrometria de absorção atômica por vapor frio, com sistema aberto de circulação do fluxo de ar. Essa determinação promove a redução de íons Hg<sup>2+</sup> na solução da amostra com cloreto estanhoso para gerar vapor de mercúrio elementar (Hg<sup>0</sup>) e a introdução de vapor de Hg na célula de fotoabsorção (AKAGI, 2004) para a medida de absorbância a 253,7 nm. A leitura foi realizada em um registrador com um pico preciso para cada amostra que foram lidas em triplicata. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão e expressos em parte por milhão (ppm) de mercúrio total. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos, da faculdade de Ciências Farmacêuticas, na Universidade de São Paulo (USP).

### 3.7 Cálculo da estimativa de ingestão semanal de elementos essenciais e tóxicos

Com o intuito de avaliar os possíveis riscos de contaminação de elementos químicos não essenciais em humanos, elaborou-se a estimativa de ingestão semanal de contaminantes inorgânicos. Foi calculada a ingestão semanal tolerável provisória (Provisional Tolerable Weekly Intake - PTWI), preconizado pelo comitê de aditivos em alimentos JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Avaliou-se os teores de elementos tóxicos presentes nas espécies selecionadas ao estudo e correlacionou-se com os parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO).

Foi considerado o consumo médio diário de 50 g de pescado no período de sete dias. O valor foi dividido pelos dados de peso corpóreo, em que foi adotado o valor de 60 kg para indivíduos adultos e comparou-se com a legislação, estabelecidas pela WHO (1987).

### **3.8 Análise estatística**

Todas as determinações foram efetuadas em triplicata e os dados obtidos submetidos à análise de variância (Teste F) e Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, utilizando o programa estatístico Minitab "for Windows".

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 encontra-se a composição centesimal e o valor energético das espécies estudadas no presente estudo.

Tabela 4 - Valores médios da composição centesimal e valor energético do músculo da piramutaba, pescada-gó e curimatã.

<b>Espécies</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Lipídios (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Carboidratos (%)</b>	<b>Valor Energético (kcal 100 g)</b>
<b>P</b>	78,64 ±0,14	1,58 ±0,02	18,01 ±0,01	0,88 ±0,01	1,84 ±0,02	93,60 ±0,16
<b>G</b>	77,03 ±0,03	2,84 ±0,01	18,74 ±0,04	1,08 ±0,01	0,49 ±0,01	102,51 ±0,12
<b>C</b>	77,03 ±0,06	3,33 ±0,15	18,14 ±0,1	0,86 ±0,01	1,24 ±0,08	106,83 ±1,06

P = Piramutaba, G = Pescada-Gó, C = Curimatã.

As três espécies de peixe analisadas apresentaram resultados de umidade muito próximos. Oliveira (2014), ao analisar pirarucu nativo encontrou valores médios de umidade de 79,51%. Os lipídios totais, das três espécies classifica estes peixes como magros, devido ao baixo percentual de gordura (HUSS, 1995), o que também pode ser confirmado com o estudo de Henderson e Tocher (1987) que analisaram o conteúdo de lipídeos em 56 espécies de peixes de água doce. No entanto, estes valores variam muito e já foi evidenciado em inúmeros estudos, que relataram uma variação de 0,7% a 25,8% de base úmida em teores de lipídios totais.

Quando ao conteúdo proteico, a pescada-gó (Tabela 4) obteve valores superiores em relação às outras espécies, e os resultados encontrados foram semelhantes a outros estudos realizados com esta espécie (LEMPEK; PRENTICE; LOPES, 2001; ALVES, 2016). De acordo com os resultados obtidos o teor de proteínas indica que estas espécies considerando a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de 0,8g/kg/dia (BRASIL, 2003) para um adulto de 60 kg, uma refeição de 150g fornece pelo menos 36% da IDR para proteínas.

Com relação às cinzas, as espécies apresentaram valores similares ao do estudo de Moraes e Campos (1993) o teor de cinzas em peixes magros encontra-se na faixa de 0,5% a 1,5%. Os carboidratos se encontram próximo ao que é normalmente relatado em peixes magros.

Quanto ao valor energético, o curimatã apresentou maior valor calórico (106,83 kcal/100g), seguido da pescada-gó (102,51kcal/100g) e o menos calórico foi a piramutaba (93,60 kcal/100g), esse resultado está relacionado ao teor lipídico presente em cada espécie. É importante ressaltar que estes peixes obtiveram valores inferiores aos encontrados em outras pesquisas, mas dentro da normalidade para peixes magros (NEPA, 2011).

Do ponto de vista nutricional, estas espécies representam importantes fontes que podem ser utilizadas em dietas de baixas calorias para pacientes em sobrepeso ou obesos, no entanto, sabe-se que estes valores podem variar dependendo de fatores sazonais, da dieta entre outros.

#### 4.1 Dados biométricos

A Tabela 5 apresenta a média dos dados biométricos das espécies que compõem o estudo nos diferentes períodos sazonais. A análise dos resultados foi conduzida por meio da comparação, entre período sazonal e características biométricas das espécies, como comprimento e peso médio.

Tabela 5 - Médias de comprimento padrão (cm) e peso (g) das espécies de peixe em dois períodos sazonais da Bacia Amazônica.

Espécie	Nº	Período Seco		Período Chuvoso		Hábito alimentar
		C. padrão (cm)	Peso(g)	C. padrão(cm)	Peso(g)	
<b>Piramutaba</b>	10	16,2 ± 0,6	69 ± 8,1	24,6 ± 3,1	97,8 ± 8,0	Piscívoros
<b>Pescada-Gó</b>	10	15,9 ± 0,5	51,7 ± 5,5	14,9 ± 0,9	34,2 ± 2,0	Carnívoros
<b>Curimatã</b>	10	14,3 ± 0,4	36 ± 6,2	14,7 ± 0,7	62,0 ± 3,6	Detritívoros

As espécies estudadas apresentaram distribuição equitativa entre os períodos sazonais em relação a peso e comprimento. De acordo com os resultados do estudo, estas são consideradas espécies de pequeno e médio porte, conforme os dados biométricos e a relação peso-comprimento em períodos sazonais distintos, evidenciando diferenças entre as espécies coletadas.

Segundo Zagaglia (2009) existe uma grande importância entre a correlação dos dados biométricos e a sazonalidade, uma vez que, algumas espécies possuem alto poder migratório. Dentre os exemplares coletados na pesquisa, a piramutaba, encontra-se em áreas que circundam a região do Marajó até a costa do Amapá durante o período chuvoso (dezembro a

março), enquanto que, no período seco (junho a setembro), as espécies começam a se deslocar para áreas mais próximas do estuário paraense e próximo à ilha do Marajó, o que corresponde com os dados obtidos o habitat respectivo dessas espécies.

De acordo os resultados, apesar de este peixe ser considerado de médio porte, as espécies atingiram dados biométricos menores que 20 cm, indicando que esses exemplares se apresentavam em até um ano de idade e seu *habitat* característico era comumente na parte interna do estuário amazônico e oriundo de pequenos rios, furos e canais, onde penetram nos ambientes alagados pela maré para se alimentar de pequenos artrópodes (BARTHEM; GOULDING, 1997), o que pode correlacionar que as espécies coletadas do presente estudo encontravam-se nesta região.

A presença de exemplares maiores nas capturas durante o período chuvoso pode ser elucidada pelo retorno dos peixes mais adultos para o estuário. Este mecanismo é resultante do aumento da descarga de água doce dos rios da região que promove o afastamento da cunha salina, tornando o ambiente propício para a espécie devido à baixa salinidade e elevada disponibilidade de alimentos o que irá favorecer o acúmulo de gordura, necessário para realizar a migração de subida e, posteriormente completar o ciclo reprodutivo (IBAMA, 1997, BARTHEM, 2000). O estuário paraense é considerado uma área de criação da piramutaba, onde as espécies permanecem até dois anos de idade para se desenvolver (ALONSO; PIRKER, 2005).

No período seco, com a diminuição do nível de descarga do rio Tocantins, as águas recebem influência marinha que penetram na baía de Marajó e se aproximam da desembocadura do rio Amazonas (BARTHEM; SCHWASSMANN, 1994). Nesse período, a piramutaba adulta inicia o processo de maturação sexual na região do alto Amazonas (BARTHEM; GOULDING, 1997), deixando, aos poucos, de participar das capturas, confirmando com os resultados encontrados que indicam um menor comprimento médio para esse período.

Outra hipótese é de que a captura precoce, associada a uma exploração intensiva, impede que um número suficiente de indivíduos atinja o peso, considerando que o peso médio individual aumenta com a idade inicial de captura (FONTELES-FILHO, 2011). O indicado é que as capturas aconteçam em um momento que o peixe tenha se desenvolvido a ponto de ter um incremento em peso suficiente para garantir o rendimento da pesca e manter a capacidade de auto renovação do mesmo (SPARRE; VENEMA, 1997).

Com relação à pescada-gó, o resultado obtido apresentou uma pequena diferença em relação aos dois períodos sazonais, isso pode ser justificado devido seu comportamento migratório no período de reprodução, pois de acordo com Zorro (1999), espécies adultas migram para o estuário da região norte para desovar no período entre os meses de julho e agosto, permanecendo nesse ambiente até a fase juvenil e então retornam posteriormente para a região costeira.

Para a espécie curimatã foram encontrados indivíduos maiores no período chuvoso. Algumas literaturas afirmam este fator pode ser indicador do acúmulo de gordura e de desenvolvimento das gônadas, em função de diferenças ambientais e genéticas da espécie (GURGEL; MENDONÇA, 2001; SILVA JÚNIOR, 2007).

Portanto, verifica-se que entre as espécies, a pescada-gó apresentou o menor peso médio ( $\mu = 34,2 \pm 2,0$  g) no período chuvoso. Quanto ao comprimento, observa-se que a espécie curimatã apresentou os menores valores em relação ao comprimento médio ( $\mu = 14,3 \pm 0,4$ g) no período seco. Enquanto que, os exemplares de piramutaba apresentaram maiores dados biométricos nos dois períodos sazonais comparando-se às demais espécies, sendo seu peso superior no período chuvoso (Tabela 5).

#### **4.2 Perfil de ácidos graxos**

O perfil de ácidos graxos das espécies analisadas (Tabela 6) apresentou predominância de ácidos graxos insaturados nos exemplares de curimatã, apresentando maior concentração de monoinsaturados no músculo ( $41,22 \pm 0,49$ ) e fígado ( $40,67 \pm 1,7$ ). O teor de ácidos monoinsaturados no músculo e fígado do curimatã foi superior aos outros peixes analisados, enquanto que o fígado da pescada-gó e da piramutaba apresentaram o menor valor médio.

Os ácidos graxos saturados que apresentaram valores mais elevados foram o ácido palmítico (C16:0) seguido do esteárico (C18:0) com exceção do músculo da pescada-gó. De acordo com a

Ácidos graxos (g/100 g)	Nome	Músculo (%)			Fígado (%)		
		Piramutaba	Pescada Gó	Curimatã	Piramutaba	Pescada Gó	Curimatã
14:00	Mirístico	3,88 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,11 <sup>c</sup>	1,42 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,40 ± 0,07 <sup>c</sup>
16:00	Palmitico	28 ± 0,20 <sup>a</sup>	9,94 ± 0,32 <sup>c</sup>	24,87 ± 0,46 <sup>b</sup>	25,47 ± 0,15 <sup>a</sup>	22,7 ± 1,27 <sup>b</sup>	26,05 ± 0,48 <sup>a</sup>
16 : 1 (n-7)	Palmitoleico	5,73 ± 0,16 <sup>a</sup>	4,20 ± 0,42 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,11 <sup>c</sup>	3,45 ± 0,01 <sup>b</sup>	8,6 ± 0,21 <sup>a</sup>	1,04 ± 1,21 <sup>c</sup>
17:00	Margárico	0,32 ± 0,01	-	-	-	-	0,42 ± 0,03
17 : 1 (n-7)	Heptadecenóico	0,80 ± 0,02	-	-	-	-	-
18:00	Esteárico	10,91 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,92 ± 0,34 <sup>c</sup>	9,81 ± 0,07 <sup>b</sup>	15,57 ± 0,37 <sup>a</sup>	8,49 ± 0,32 <sup>c</sup>	10,59 ± 0,10 <sup>b</sup>
18 : 1 (n-9)	Oleico	18,82 ± 0,15 <sup>b</sup>	9,92 ± 0,20 <sup>c</sup>	38,54 ± 0,23 <sup>a</sup>	11,36 ± 0,24 <sup>c</sup>	13,03 ± 0,35 <sup>b</sup>	39,13 ± 0,43 <sup>a</sup>
18 : 1 (n-7)	Vacênico	3,24 ± 0,04 <sup>a</sup>	2,03 ± 0,09 <sup>b</sup>	-	3,28 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,46 ± 0,24 <sup>a</sup>	-
18 : 2 (n-6)	Linoleico	0,80 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,25 ± 0,10 <sup>b</sup>	11,18 ± 0,46 <sup>a</sup>	1,21 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,15 <sup>b</sup>	11,78 ± 0,24 <sup>a</sup>
20:00	Eicosanóico	0,40 ± 0,03	-	-	-	0,83 ± 0,09	-
20 : 1 (n-9)	Eicosenóico	2,12 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	0,47 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,06 <sup>b</sup>
18 : 3 (n-3)	alfa-Linolênico	-	-	0,99 ± 0,06	-	-	1,14 ± 0,10
20 : 2 (n-6)	Eicosadienóico	0,27 ± 0,01 <sup>b</sup>	-	0,46 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	-	0,56 ± 0,09
22:00	Docosanóico	0,36 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,03 <sup>b</sup>	-	-	0,49 ± 0,02	-
20 : 3 (n-6)	Eicosatrienóico	-	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,05 <sup>b</sup>	-	-	0,55 ± 0,08
20 : 3 (n-3)	Eicosatrienóico	-	-	-	-	-	-
20 : 4 (n-6)	Araquidônico	1,66 ± 0,02 <sup>b</sup>	3,4 ± 0,24 <sup>a</sup>	0,84 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,57 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,74 ± 0,27 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,21 <sup>c</sup>
22 : 2 (n-6)	Docosadienóico	0,22 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	-	-	-
24:00:00	Lignocérico	-	0,41 ± 0,01	-	-	-	-
20 : 5 (n-3)	Eicosapentaenóico	3,51 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,09 <sup>b</sup>	-	3,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,06 ± 0,27 <sup>b</sup>	-
24 : 1 (n-9)	Nervônico	-	0,52 ± 0,03	-	-	0,58 ± 0,07	-
21 : 5 (n-3)	Eicosapentaenóico	-	-	-	0,81 ± 0,07	0,73 ± 0,10	-
22 : 5 (n-6)	Docosapentaenóico	1,36 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,66 ± 0,07 <sup>a</sup>	-	1,27 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,04 <sup>a</sup>	-
22 : 5 (n-3)	Docosapentaenóico	3,81 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,94 ± 0,12 <sup>b</sup>	-	2,95 ± 0,13 <sup>b</sup>	3,47 ± 0,12 <sup>a</sup>	-
22 : 6 (n-3)	Docosahexaenóico	3,58 ± 0,43 <sup>b</sup>	12,12 ± 1,86 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,99 ± 1,05 <sup>b</sup>	9,83 ± 0,58 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,06 <sup>c</sup>
	<b>Saturados</b>	43,87 ± 0,4	17,33 ± 0,88	36,10 ± 0,55	43,25 ± 0,61	34,16 ± 1,77	38,46 ± 0,68
<b>Totais</b>	<b>Monoinsaturados</b>	30,71 ± 0,38	16,67 ± 0,74	41,22 ± 0,49	18,6 ± 0,3	37,32 ± 0,88	40,67 ± 1,7
	<b>Polinsaturados</b>	15,21 ± 0,79	23,13 ± 2,49	15,08 ± 0,62	20,26 ± 1,62	23,89 ± 1,53	16,25 ± 0,78

Tabela 6, o músculo e o fígado da piramutaba apresentaram maiores níveis totais de gorduras saturadas, enquanto que, o músculo e fígado da pescada gó apresentaram menores teores.

Filho et al. (2008) obteve resultados semelhantes, com o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) que também apresentou elevado conteúdo de ácido oléico (37,25%), e na cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) onde o maior conteúdo foi de ácido palmítico (21,37%), o autor afirma que estes resultados podem estar relacionados a uma característica de peixes de água doce. O que corrobora com o estudo de Andrade (1995), que pesquisou em filés de dourado (*Salminus maxillosus*) e alcançou os valores significativos de ácido oléico, palmítico e esteárico.

Para todas as espécies, encontraram-se os ácidos graxos monoinsaturados oleico (n-9), e poliinsaturados como o linoléico (ômega-6) e araquidônico (ômega-6). O ácido araquidônico participa na formação da bainha de mielina das terminações nervosas e de sua recomposição nos casos de esclerose múltipla (TURATTI, 2002). O ácido graxo linolênico (n-6) e oleico (n-9) e ácido docosahexaenoico (DHA) estiveram presentes nas espécies do presente estudo, no curimatã pode ser considerado uma excelente fonte nutricional para consumo. Vale ressaltar, que o consumo de peixes está associado ao efeito protetor contra doenças cardiovasculares e acidente vascular cerebral isquêmico (MOZAFFARIAN; WU, 2011). Os benefícios do consumo desses alimentos também foram demonstrados no tratamento de transtorno psicológicos em crianças e adolescentes por Clayton et al. (2007), em virtude da correlação com os ácidos graxos ômega-3.

Os resultados da composição entre as espécies podem ser devido ao hábito alimentar e a variação sazonal dos alimentos. Sabe-se que essas espécies são limnófagas, portanto se alimentam de lodo ou lama do fundo dos lagos contendo algas (especialmente diatomáceas), detritos vegetais (GODOY, 1975; MAIA, 1999). As algas marinhas são os únicos seres capazes de sintetizar EPA e DHA, e os peixes, ao se alimentarem delas, se tornam fontes secundárias dos ácidos graxos (PIBER NETO, 2009; CEDRO, 2010).

Quanto aos ácidos graxos saturados, observou-se a predominância do mistérico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) em todas as espécies pesquisadas. De acordo com o estudo de Schmidt (2000), os ácidos graxos saturados estão relacionados ao aumento dos níveis de colesterol plasmático, podendo estar relacionados à formação de placas de

ateromas no organismo humano, com o consumo exacerbado de alimentos ricos em ácidos graxos dessa natureza.

A soma de todos os ácidos graxos saturados identificados variou entre as espécies, sendo que os valores presentes na piramutaba foram superiores. Em relação aos poliinsaturados a pescada-gó apresentou os maiores resultados enquanto que, os ácidos graxos monoinsaturados estavam presentes em maior quantidade na espécie curimatã (músculo e fígado).

De acordo com Ackman (1967) a composição predominante do perfil lipídico de peixes é composta por ácidos graxos de 16, 18, 20 e 22 átomos de carbono. Nas espécies do presente trabalho, os ácidos graxos majoritários também foram 16:0, 16:1 $\omega$ , 16:0, 16:1, 18:0, 18:1 $\omega$ 9, 18:2, 20:4, 22:5 $\omega$ 3 e 22:6 $\omega$ 3, 22:6 $\omega$ 6 coincidindo com os resultados obtidos pelo citado autor. No estudo de Almeida (2004), os perfis de ácidos graxos com maior predominância detectados foram os 20:5 (n-3) eicosapentaenóico (EPA) e o 22:5 (n-3) docosapentaenóico (DHA) em espécies como matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), cultivados e capturados na Amazônia Central.

Com relação ao perfil de ácidos graxos nos fígados das espécies estudadas foram detectados níveis superiores quando comparados ao músculo, isso pode ser devido ao alto conteúdo de lipídios destes órgãos, sendo conhecidos como excelente fonte de óleos. Os principais ácidos graxos detectados no fígado das amostras das três espécies foram C18:0, C18:1 $\omega$ 9, C18:2 $\omega$ 6, C20:4 $\omega$ 6, C22:6 $\omega$ 3. Os resultados foram semelhantes ao perfil de ácidos graxos encontrados no estudo de Satué e López (1996).

A composição de ácidos graxos no conteúdo lipídico dos peixes vem despertando grande interesse pela comunidade científica mundial, devido à evidência do papel dos ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ 3 (AGPI $\omega$ 3) relacionado ao sistema imunológico. O  $\omega$ 6 é capaz de sintetizar os eicosanoides da membrana celular, responsável por desencadear e modular algumas das respostas imunes por meio da ativação de componentes do sistema imunológico (macrófagos, linfócitos). Contudo, os dois atuam em equilíbrio e de forma antagônica, o  $\omega$ 3 consegue suprimir essa resposta e o  $\omega$ 6 aumentar o processo inflamatório. Entretanto, quando há um consumo desproporcional ao que é indicado (aumento exacerbado do consumo de  $\omega$ 6) pode-se inibir a supressão sobre a modulação da resposta inflamatória (PERINI, 2010).

Vale ressaltar que a composição química de peixes pode sofrer variações em função de vários fatores endógenos e exógenos, tais como, genética, tamanho, sexo, estágio reprodutivo, alimentação, fatores ambientais, temperatura e estação do ano (LUZIA, 2003; MOREIRA, 2001).

Pesquisadores (HENDERSON e TOCHER, 1987; ALMEIDA, 2006) afirmam que peixes de água doce podem conter uma grande quantidade de AGPI- $\omega$ 3, o que corrobora com a pesquisa de Steffens (1995) e com os resultados obtidos no presente estudo, e alegam que a composição de ácidos graxos de peixes de água doce pode ser caracterizada por alta proporção de AGPI- $\omega$ 6. Espécies desta região podem possuir composição de ácidos graxos superiores quando comparado aos peixes de cativeiro, exceto se estes receberem uma dieta contendo alta quantidade de óleo de peixe, com AGPI- $\omega$ 3 (STEFFENS, 1995). Por outro lado, Wang et al. (1990) concluíram que os peixes de água doce apresentaram maior percentual de ácidos graxos da família ômega 6 comparado aos peixes marinhos que apresentaram maior percentual de ácidos graxos da família ômega 3.

Tabela 6 – Resultados do perfil de ácidos graxos nas três espécies de peixe piramutaba, pescada gó e curimatã.

Ácidos graxos (g/100 g)	Nome	Músculo (%)			Fígado (%)		
		Piramutaba	Pescada Gó	Curimatã	Piramutaba	Pescada Gó	Curimatã
<b>14:00</b>	Mirístico	3,88 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,11 <sup>c</sup>	1,42 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,40 ± 0,07 <sup>c</sup>
<b>16:00</b>	Palmítico	28 ± 0,20 <sup>a</sup>	9,94 ± 0,32 <sup>c</sup>	24,87 ± 0,46 <sup>b</sup>	25,47 ± 0,15 <sup>a</sup>	22,7 ± 1,27 <sup>b</sup>	26,05 ± 0,48 <sup>a</sup>
<b>16 : 1 (n-7)</b>	Palmitoleico	5,73 ± 0,16 <sup>a</sup>	4,20 ± 0,42 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,11 <sup>c</sup>	3,45 ± 0,01 <sup>b</sup>	8,6 ± 0,21 <sup>a</sup>	1,04 ± 1,21 <sup>c</sup>
<b>17:00</b>	Margárico	0,32 ± 0,01	-	-	-	-	0,42 ± 0,03
<b>17 : 1 (n-7)</b>	Heptadecenóico	0,80 ± 0,02	-	-	-	-	-
<b>18:00</b>	Estearico	10,91 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,92 ± 0,34 <sup>c</sup>	9,81 ± 0,07 <sup>b</sup>	15,57 ± 0,37 <sup>a</sup>	8,49 ± 0,32 <sup>c</sup>	10,59 ± 0,10 <sup>b</sup>
<b>18 : 1 (n-9)</b>	Oleico	18,82 ± 0,15 <sup>b</sup>	9,92 ± 0,20 <sup>c</sup>	38,54 ± 0,23 <sup>a</sup>	11,36 ± 0,24 <sup>c</sup>	13,03 ± 0,35 <sup>b</sup>	39,13 ± 0,43 <sup>a</sup>
<b>18 : 1 (n-7)</b>	Vacênico	3,24 ± 0,04 <sup>a</sup>	2,03 ± 0,09 <sup>b</sup>	-	3,28 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,46 ± 0,24 <sup>a</sup>	-
<b>18 : 2 (n-6)</b>	Linoleico	0,80 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,25 ± 0,10 <sup>b</sup>	11,18 ± 0,46 <sup>a</sup>	1,21 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,15 <sup>b</sup>	11,78 ± 0,24 <sup>a</sup>
<b>20:00</b>	Eicosanóico	0,40 ± 0,03	-	-	-	0,83 ± 0,09	-
<b>20 : 1 (n-9)</b>	Eicosenóico	2,12 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	0,47 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,06 <sup>b</sup>
<b>18 : 3 (n-3)</b>	alfa-Linolênico	-	-	0,99 ± 0,06	-	-	1,14 ± 0,10
<b>20 : 2 (n-6)</b>	Eicosadienóico	0,27 ± 0,01 <sup>b</sup>	-	0,46 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	-	0,56 ± 0,09
<b>22:00</b>	Docosanóico	0,36 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,03 <sup>b</sup>	-	-	0,49 ± 0,02	-
<b>20 : 3 (n-6)</b>	Eicosatrienóico	-	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,05 <sup>b</sup>	-	-	0,55 ± 0,08
<b>20 : 3 (n-3)</b>	Eicosatrienóico	-	-	-	-	-	-
<b>20 : 4 (n-6)</b>	Araquidônico	1,66 ± 0,02 <sup>b</sup>	3,4 ± 0,24 <sup>a</sup>	0,84 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,57 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,74 ± 0,27 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,21 <sup>c</sup>
<b>22 : 2 (n-6)</b>	Docosadienóico	0,22 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	-	-	-
<b>24:00:00</b>	Lignocérico	-	0,41 ± 0,01	-	-	-	-
<b>20 : 5 (n-3)</b>	Eicosapentaenóico	3,51 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,09 <sup>b</sup>	-	3,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,06 ± 0,27 <sup>b</sup>	-
<b>24 : 1 (n-9)</b>	Nervônico	-	0,52 ± 0,03	-	-	0,58 ± 0,07	-
<b>21 :5 (n-3)</b>	Eicosapentaenóico	-	-	-	0,81 ± 0,07	0,73 ± 0,10	-
<b>22 : 5 (n-6)</b>	Docosapentaenóico	1,36 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,66 ± 0,07 <sup>a</sup>	-	1,27 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,04 <sup>a</sup>	-
<b>22 : 5 (n-3)</b>	Docosapentaenóico	3,81 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,94 ± 0,12 <sup>b</sup>	-	2,95 ± 0,13 <sup>b</sup>	3,47 ± 0,12 <sup>a</sup>	-
<b>22 : 6 (n-3)</b>	Docosahexaenóico	3,58 ± 0,43 <sup>b</sup>	12,12 ± 1,86 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,99 ± 1,05 <sup>b</sup>	9,83 ± 0,58 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,06 <sup>c</sup>
<b>Totais</b>	<b>Saturados</b>	43,87 ± 0,4	17,33 ± 0,88	36,10 ± 0,55	43,25 ± 0,61	34,16 ± 1,77	38,46 ± 0,68
	<b>Monoinsaturados</b>	30,71 ± 0,38	16,67 ± 0,74	41,22 ± 0,49	18,6 ± 0,3	37,32 ± 0,88	40,67 ± 1,7
	<b>Polinsaturados</b>	15,21 ± 0,79	23,13 ± 2,49	15,08 ± 0,62	20,26 ± 1,62	23,89 ± 1,53	16,25 ± 0,78

Valores de médias das triplicatas ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na horizontal não apresentam diferença significativa, pelo teste *Tukey* ( $p \geq 0,05$ ).

### 4.3 Perfil de aminoácidos em peixes

Na Tabela 7 encontram-se os resultados do perfil de aminoácidos das três espécies de peixes, onde verifica-se que nas amostras do músculo de piramutaba o total de aminoácidos foi de 73,85%, enquanto que no curimatã apresentaram os menores teores (65,95%).

Teores significativos de proteínas são característicos de pescado, no entanto, este percentual pode variar em função da espécie, tamanho, sexo, época do ano e outros fatores (OGAWA; MAIA, 1999). Quanto aos aminoácidos, estes são classificados de acordo com sua importância nutricional, e os peixes estudados apresentaram adequado perfil, com quantidades significativas de aminoácidos essenciais, podendo ser incorporados na alimentação devido seu elevado valor nutricional para humanos e animais. Estes teores podem ser comparados com padrões nutricionais recomendados pela FAO (2010), e atendem grande parte ou mesmo suprem a total necessidade humana, representando assim uma proteína de alto valor biológico para o consumo.

Os resultados apresentam os seguintes aminoácidos essenciais: isoleucina, valina, metionina, histidina, leucina, fenilalanina, lisina e treonina e não essenciais: ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, prolina, tirosina, serina, glicina, arginina e cistina. Os valores encontrados revelaram teores superiores de aminoácidos essenciais para a espécie do estudo. Os aminoácidos predominantes foram histidina, lisina e fenilalanina (Tabela 7). Com relação aos aminoácidos não essenciais a alanina, serina e tirosina foram os que se destacaram com um comportamento similar entre os exemplares das espécies.

Tabela 7 - Perfil de aminoácido das três espécies de pescado em relação aos aminoácidos essenciais e não essenciais.

Aminoácidos (g/100 g de proteína)		Pirurutaba	Pescada-Gó	Curimatã
<b>Aminoácidos Essenciais</b>	Histidina (HIS)*	8,29 <sup>a</sup> ± 1,00	6,04 <sup>a</sup> ± 0,49	8,41 <sup>a</sup> ± 1,22
	Isoleucina (ILE)	4,34 <sup>b</sup> ± 0,12	4,72 <sup>a</sup> ± 0,13	3,95 <sup>c</sup> ± 0,15
	Leucina (LEU)	4,25 <sup>a</sup> ± 0,17	0,00 <sup>c</sup> ± 0,00	3,58 <sup>b</sup> ± 0,16
	Lisina (LYS)	5,46 <sup>b</sup> ± 0,40	6,42 <sup>a</sup> ± 0,27	5,89 <sup>ab</sup> ± 0,19
	Fenilalanina (PHE)	6,17 <sup>a</sup> ± 0,44	5,95 <sup>a</sup> ± 0,16	5,88 <sup>a</sup> ± 0,57
	Treonina* (TRH)	3,05 <sup>a</sup> ± 0,15	3,45 <sup>a</sup> ± 0,10	3,35 <sup>a</sup> ± 0,32
	Valina (VAL)	0,09 <sup>c</sup> ± 0,04	0,35 <sup>b</sup> ± 0,04	0,81 <sup>a</sup> ± 0,09
	Cisteína (CIS)	1,44 <sup>a</sup> ± 0,15	1,82 <sup>a</sup> ± 0,12	0,77 <sup>b</sup> ± 0,34
<b>Aminoácidos Não Essenciais</b>	Ácido Aspártico (ASP)	0,29 <sup>b</sup> ± 0,06	4,36 <sup>a</sup> ± 0,21	0,38 <sup>b</sup> ± 0,26
	Ácido Glutâmico* (GLU)	3,45 <sup>a</sup> ± 0,51	3,25 <sup>a</sup> ± 0,29	3,19 <sup>a</sup> ± 0,27
	Alanina (ALA)	9,78 <sup>ab</sup> ± 0,21	10,73 <sup>a</sup> ± 0,28	9,02 <sup>b</sup> ± 0,56
	Arginina (ARG)	4,89 <sup>a</sup> ± 0,11	4,25 <sup>b</sup> ± 0,06	4,40 <sup>b</sup> ± 0,24
	Cistina (CYS)	0,00 <sup>b</sup> ± 0,00	1,50 <sup>a</sup> ± 0,41	0,89 <sup>ab</sup> ± 0,79
	Glicina (GYL)	0,67 <sup>b</sup> ± 0,07	1,89 <sup>a</sup> ± 0,27	0,77 <sup>b</sup> ± 0,30
	Glutamina (GLU)	0,09 <sup>a</sup> ± 0,01	0,00 <sup>b</sup> ± 0,00	0,50 <sup>b</sup> ± 0,23
	Prolina (PRO)	5,70 <sup>a</sup> ± 0,27	0,00 <sup>b</sup> ± 0,00	0,00 <sup>b</sup> ± 0,00
	Serina (SER)	10,64 <sup>a</sup> ± 0,40	6,03 <sup>c</sup> ± 0,13	9,50 <sup>b</sup> ± 0,28
	Tirosina (TYR)	4,51 <sup>ab</sup> ± 0,27	4,97 <sup>a</sup> ± 0,32	4,01 <sup>b</sup> ± 0,20
Total	73,85 <sup>a</sup> ± 4,38	66,39 <sup>b</sup> ± 3,27	65,95 <sup>c</sup> ± 6,17	

Valores de médias das triplicatas ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na horizontal não apresentam diferença significativa, pelo teste *Tukey* ( $p \geq 0,05$ ).

No caso dos aminoácidos essenciais, os resultados mostram que o perfil de aminoácidos dos filés foi maior na espécie pirurutaba, esse resultado pode ter forte correlação com os dados biométricos obtidos no estudo sobre esta espécie, pois eram superiores associados aos demais peixes. Vale ressaltar que o aminoácido mais predominante na pirurutaba foi a histidina, um aminoácido muito presente em peixes, sendo considerado um excelente indicador de produção de histamina, que representa uma amina não volátil que pode ser produzida no pescado a partir deste aminoácido por ação de enzimas descarboxilantes de origem bacteriana.

A histamina pode conferir toxicidade ao pescado mesmo antes deste ser considerado deteriorado ou sensorialmente inaceitável (BALDINI, 1982; SOARES, 1998). Em seguida a fenilalanina, encontra-se dominante, um nutriente é de extrema necessidade na alimentação diária. Contudo, em indivíduos fenilcetonúricos, a sua ingestão deve ser rigorosamente controlada ou excluída. Quanto aos aminoácidos não essenciais, a serina apresentou-se com os maiores teores nesta espécie.

Enquanto que, na pescada-gó foi obtida maior quantidade de lisina (Tabela 7), e seu elevado teor é muito comum em peixes, este aminoácido auxilia na produção de enzimas, contribuindo para a alta digestibilidade (LEDERLE, 1991). Os valores obtidos de lisina no presente estudo foram superiores em relação à pesquisa reportada por Izquierdo Corser (2000), em exemplares de bocachico, pargo, tilápia e cachama, e ele afirma que ao fornecer quantidade significativa deste aminoácido na alimentação pode servir de base para dieta da população.

Na espécie curimatã detectaram-se maiores níveis de histidina, e os resultados do presente trabalho se assemelham com a pesquisa de Dordevica, Buchtová e Borkovcová (2016) que estudaram o perfil de aminoácidos em peixes da espécie *Lepidocybium flavobrunneum*. A lisina tem sido utilizada como referência em diversos estudos, pois é o principal aminoácido para deposição de proteína em animais, exercendo papel fundamental na absorção de outros aminoácidos pelo organismo (MANSANO, 2016). A lisina junto com a histidina, identificadas na composição das espécies estudadas, têm sido utilizadas como aminoácidos de referências em diversos estudos.

Dentre os aminoácidos essenciais contidos nas amostras, se incluem os três aminoácidos de cadeia ramificada (ACR), ou seja, leucina, valina e isoleucina que favorecem o processo de cicatrização de tecidos; melhoram o balanço proteico muscular em indivíduos idosos; e propiciam efeitos benéficos no tratamento de patologias hepáticas e renais (SHIMOMURA et al., 2006; ROGERO; TIRAPEGUI, 2008).

Enquanto que, os aminoácidos não-essenciais a alanina e a serina, apresentaram maiores níveis entre as três espécies. Esses nutrientes de acordo com Couto (2015) desempenham importantes papéis na resposta imunológica do indivíduo por mediar mecanismos de citotoxicidade e defesa não específica do hospedeiro, bem como, no processo de cicatrização tecidual.

Portanto, as espécies do presente estudo demonstraram propriedades capazes de suprir o organismo humano adulto com níveis adequados de aminoácidos essenciais, com exceção do aminoácido leucina ausente somente na pescada-gó. Os resultados obtidos para AAs encontram-se dentro da faixa recomenda pela Organização Mundial de Saúde (1985).

#### 4.4 Elementos essenciais e contaminantes em diferentes períodos sazonais presentes nos filés

##### 4.4.1 Elementos essenciais no período seco e chuvoso

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos da concentração dos elementos essenciais no tecido muscular das três espécies de pescado por período sazonal. Verifica-se que a concentração de Ca foi bastante expressiva entre as espécies em diferentes períodos sazonais, sendo observado um elevado crescimento dos resultados com o período de seca nas três espécies. A piramutaba apresentou os dois maiores resultados no período da seca ( $14,93 \pm 0,43$  mg/kg) e de chuva ( $14,57 \pm 3,03$  mg/kg).

Para o Mg observa-se resultados discretos nas concentrações do elemento nos dois períodos sazonais, e os maiores valores foram encontrados no curimatã (C) (Tabela 6) na estação de chuva, enquanto que, na de seca a piramutaba (P) obteve maiores concentrações deste mineral.

A concentração média de Na aumentou no período de chuva atingindo valores superiores na pescada-gó (G) quando comparada à estação seca. Na pesquisa realizada por Oliveira (2014), os valores de sódio detectados para o atum foram superiores no inverno e menores no verão, demonstrando haver diferenças ( $p < 0,001$ ) entre os períodos.

Em relação à concentração de Fe na piramutaba (P) e pescada-gó (G) foram superiores no período de chuva, enquanto que no curimatã (C) atingiu a maior concentração média no período de seca (Tabela 8).

O Zn apresentou maior concentração média no curimatã (C) no período de chuva, ressalta-se que em geral esta concentração aumenta nas espécies no período de chuva (Tabela 6), enquanto que no período seco a piramutaba apresentou resultados superiores entre as espécies, em ambos os períodos. Os teores de Zn ultrapassaram os limites de ingestão diária recomendada para adultos estabelecidos pela Vigilância Sanitária (BRASIL, 2013), com exceção da espécie piramutaba na estação seca. Os resultados de Zn detectados neste estudo corroboram com os resultados reportados por Lima (2013) em rios impactados pela atividade mineradora (garimpeira) como no rio Cassiporé (estado do Amapá), onde as maiores concentrações de Zn nos peixes foram registradas no período seco e os valores descritos encontravam-se acima do permitido pela legislação.

Rocha e colaboradores (1985) afirmam que o zinco é um elemento considerado essencial e útil ao metabolismo, entretanto, casos de envenenamento podem ocorrer, seja por ingestão de alimentos, bebidas contaminadas, poeiras e fumaça com altos teores de zinco ou contato da pele com zinco e seus sais. Muito embora o envenenamento por zinco pela ingestão de peixes altamente contaminados seja improvável, pois os mesmos, devido à coloração azul-esverdeada produzida, são rejeitados para consumo, há o risco potencial e as doses excessivas desse metal podem causar problemas pulmonares, febre, calafrios, gastroenterites, sonolência, náusea, desidratação e descoordenação muscular.

Quanto ao elemento Cu verifica-se que no período de seca a concentração nas espécies de peixes foi inferior ao limite de detecção do equipamento (LOD). Logo, no período de chuva observa-se que a maior concentração média ocorreu na espécie piramutaba (P) (Tabela 6). Kalay e Canli (2000) afirmam que os metais Cu e Zn são elementos essenciais para o organismo e são facilmente regulados pelo metabolismo, sendo difíceis seus acúmulos. De acordo com os resultados obtidos destes constituintes no presente estudo, estes não representam riscos de contaminação para a população.

Tabela 8 - Concentração (mg/kg), valores mínimo e máximo de Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu no tecido muscular das três espécies de pescado comercializados no período seco e chuvoso com os respectivos limites de referência.

Período	Espécie	Amostras (tecido muscular) de espécies coletadas em diferentes períodos sazonais (mg/kg)						
		<i>n</i>	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu
Chuva	C	10	3,67 (± 0,77)	0,42 (± 0,46)	23,89 (± 1,28)	7,62 (± 0,44)	13,71 (± 0,68)	0,23 (± 0,01)
	G	10	10,69 (± 2,65)	0,17 (± 0,04)	33,53 (± 2,34)	8,60 (± 0,86)	11,96 (± 0,27)	0,43 (± 0,16)
	P	10	14,57 (± 0,93)	0,14 (± 0,03)	30,89 (± 2,93)	8,69 (± 0,59)	13,27 (± 0,45)	0,56 (± 0,10)
Seca	C	10	10,58 (± 0,48)	0,28 (± 0,05)	20,25 (± 1,56)	7,83 (± 0,77)	4,61 (± 4,02)	<LOD
	G	10	13,20 (± 0,42)	0,17 (± 0,06)	22,72 (± 2,82)	8,45 (± 1,05)	8,68 (± 1,74)	<LOD
	P	10	14,93 (± 0,43)	0,77 (± 0,15)	21,60 (± 1,65)	7,62 (± 0,78)	12,20 (± 2,93)	<LOD
Média ± DP	C	10	7,12 (± 3,24)	0,35 (± 0,24)	22,07 (± 2,22)	7,77 (± 0,69)	9,21 (± 5,40)*	-
	G	10	11,94 (± 2,26)	0,17 (± 0,05)	28,12 (± 6,06)	8,52 (± 0,95)	10,32 (± 2,07)*	-
	P	10	14,75 (± 2,14)	0,30 (± 0,33)	26,25 (± 5,27)	8,15 (± 0,87)	12,73 (± 2,13)*	-
<b>Limites de ingestão diária recomendada</b>			1000 mg/kg	260 mg/kg	2000 mg/kg	14 mg/kg	7 mg/kg*	30 mg/kg

C – curimatã; G - Pescada-Gó; P – Piramutaba. Limites estabelecidos pelo ANVISA (BRASIL, 2013). \* valores acima do limite estabelecido. n é o número de indivíduos analisados em cada período sazonal

Verifica-se na Tabela 9 que, todos os elementos essenciais (Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu) analisados apresentaram diferenças significativas, ou seja, há pelo menos um par de médias diferente significativamente, considerando o fator período sazonal.

As maiores concentrações de Ca e Mg nos peixes foram encontradas no período seco, Os resultados das concentrações de macronutrientes confronta com os resultados evidenciados no estudo de Marengoni (2013), que identificou teores de Ca e Mg na estação chuvosa no inverno, enquanto que, o Na, Fe e Zn apresentaram concentrações mais altas nos peixes no período chuvoso.

No presente trabalho não foi detectado Cu no período seco, porém isso não significa que este não esteja presente nas espécies, podendo estar em concentrações inferiores ao limite de detecção (<LOD) pela metodologia de espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). No entanto, ressalta-se que, o teste da Anova mostrou que as demais concentrações dos elementos químicos diferiram estatisticamente entre os dois períodos sazonais ( $p < 0,05$ ).

Pesquisas realizadas em diferentes períodos sazonais desempenham um importante papel na identificação de acumulação de metais nos tecidos dos organismos aquáticos (KARGIN, 1996; CHAMBO, 2012), uma vez que um dos principais efeitos da ocorrência de alterações nas concentrações de elementos essenciais e tóxicos em peixes por mudanças sazonais é resultante de modificações de fatores intrínsecos.

Na Tabela 9, o conteúdo de elementos químicos essenciais dos filés, apresentou variações estatisticamente significativas em relação à estação sazonal em que os diferentes peixes foram capturados.

Tabela 9 - Análise de Variância (ANOVA) da concentração de elementos químicos essenciais (Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu) no tecido muscular das três espécies de pescado comercializados no Período Seco e Chuvoso.

Minerais (mg/kg)	Período Chuvoso	Período Seco	Valor p <sup>(1)</sup>	n PC	n OS
<b>Ca</b>	11,14 (± 4,61)	12,90 (± 1,86)	0.0220*	10	10
<b>Mg</b>	0,20 (± 0,20)	0,41 (± 0,28)	0.0001*	10	10
<b>Na</b>	30,82 (± 4,15)	21,53 (± 02,28)	0.0003*	10	10
<b>Fe</b>	8,47 (± 0,78)	7,97 (± 0,93)	0.0480*	10	10
<b>Zn</b>	12,80 (± 0,85)	8,50 (± 4,32)	0.0003*	10	10
<b>Cu</b>	0,45 (± 0,17)	-	-	10	10

\* Significativo ao nível de 0.05. (1) Análise de Variância ao nível de significância ( $p \leq 0.05$ ). n é o número de indivíduos por espécies analisados em cada período sazonal.

#### 4.4.2 Elementos Contaminantes no Período Seco e Chuvoso do Tecido Muscular

A Tabela 10 apresenta a concentração média dos elementos contaminantes no tecido muscular das três espécies de pescado do presente estudo. Verifica-se que, no período chuvoso a concentração de Pb é elevada entre as espécies, sendo superiores ao limite permitido pela legislação (BRASIL, 1998). Vale salientar, que o curimatã (C) apresenta os maiores níveis da concentração média de Pb.

Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes ao de Oliveira et al. (2018), que detectaram concentração de Pb na espécie corvina (*Micropogonias furnieri*) com valores acima do máximo permitido pela legislação nacional em 40% das amostras, bem como, na pesquisa de Abdel-Baki (2011), onde foram detectados no tecido muscular (39,7 mg/kg) em tilápias na cidade de Riyadh (Arábia Saudita).

Essa bioacumulação de Pb nas espécies do estudo pode representar um risco à saúde da população que o consomem. Segundo Repula et al. (2012), o músculo constitui a maior porção do peixe que é consumida e comercializada, portanto, deve-se atentar ao consumo indiscriminado, uma vez que as espécies poderão apresentar elementos tóxicos em sua composição devido ao processo de bioacumulação. Moreira (2004), afirma que o Pb é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, pois inúmeras atividades industriais favorecem a sua grande distribuição. Ele não constitui um problema ambiental até que venha a se dissolver, transformando-se na forma iônica. Dessa maneira, ele passa a ser um elemento preocupante para o ambiente e para a saúde da população, pois se torna biodisponível, com efeito cumulativo dentro da cadeia trófica.

Com relação à sazonalidade, os resultados obtidos entre as espécies, apenas a pescadagó apresentou resultado significativo na estação chuvosa ( $p < 0,05$ ). Enquanto que, na estação seca, o curimatã apresentou diferenças ( $p < 0,05$ ) em relação aos níveis de chumbo.

No que diz respeito à concentração média de Hg nas três espécies foi superior no período de chuva, ressaltando que no curimatã (C) a concentração média foi maior que nas demais espécies, inclusive as médias registradas no período de chuva foram superiores ao permitido pela legislação (BRASIL, 1998). Em concordância com este resultado, a pesquisa de Oliveira (2018) mostrou que a concentração de Hg na pescada (*Macrodon ancylodon*), comercializada em São Paulo teve predominância no período de chuva e de Morgano (2007)

avaliaram o teor de Hg total em amostras de diversas espécies de pescado da cadeia produtiva da Baixada Santista (SP) encontrando níveis entre 0,166 e 0,878 mg.kg<sup>-1</sup>.

Esse reflexo pode ser caracterizado devido aos elevados índices pluviométricos durante a estação do ano e um provável incremento das fontes poluidoras e dos efeitos dos efluentes impactantes (MARENGONI, 2013) na região e arredores. Os resultados do presente estudo (Tabela 10) coincidem com o do relatório técnico do Instituto Evandro Chagas (2018), realizado em águas do rio Murucupi, área próxima às empresas mineradoras, no município de Barcarena, que constataram alterações na qualidade dos rios. Estes resultados foram correlacionadas aos elevados níveis de metais como arsênio, mercúrio, chumbo, entre outros, caracterizando um desacordo com a legislação brasileira, por gerar impactos ambientais e colocar em risco a saúde das comunidades ribeirinhas que residem nas suas margens, bem como, o ecossistema aquático.

Tabela 10 - Concentração( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) de elementos tóxicos Pb e Hg no tecido muscular de três espécies de peixes comercializados no período seco e chuvoso (n=10).

<b>Concentrações médias (<math>\mu\text{g/g}^{-1}</math>) de Pb e Hg entre as espécies (músculo) em diferentes períodos.</b>			
<b>Período</b>	<b>Espécie</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>
<b>Chuva</b>	C	9,64 ( $\pm$ 1,73)	0,79 ( $\pm$ 0,04)*
	G	4,10 ( $\pm$ 1,59)	0,54 ( $\pm$ 0,04)*
	P	2,66 ( $\pm$ 0,02)*	0,68 ( $\pm$ 0,15)
<b>Seca</b>	C	1,66 ( $\pm$ 0,02)	0,22 ( $\pm$ 0,07)
	G	3,09 ( $\pm$ 0,93)	0,33 ( $\pm$ 0,17)
	P	1,08 ( $\pm$ 0,42)	0,20 ( $\pm$ 0,08)
<b>Limites admissíveis da concentração de metais pesados (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>		2,0	0,5

C – Curimatã; G - Pescada-Gó; P – Piramutaba. ANVISA, Portaria n° 685, de 27 de agosto de 1998;

\*Níveis de significância entre as espécies.

Na Tabela 11 foi possível verificar em relação à sazonalidade, que a concentração de Pb nos filés de curimatã são diferentes ( $p \leq 0,05$ ) entre as estações chuvosa e seca. Em relação aos teores de Hg, o mesmo comportamento é observado nos peixes curimatã e piramutaba, havendo diferença ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 11 - Concentrações médias ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) de Pb e Hg entre as espécies (músculo) em diferentes períodos.

Concentrações Médias ( $\mu\text{g/g-1}$ )		n	Chuva	Seca
<b>Pb</b>	C	10	10,50 <sup>a</sup> $\pm$ 0,17	1,66 <sup>b</sup> $\pm$ 0,02
	G	10	-	-
	P	10	-	-
<b>Hg</b>	C	10	0,79 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03	0,14 <sup>b</sup> $\pm$ 0,007
	G	10	-	-
	P	10	0,68 <sup>a</sup> $\pm$ 0,18	0,15 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01

Valores de média das concentrações  $\pm$  o desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na horizontal não apresentam semelhança significativa pelo teste *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ).

No período seco nenhuma espécie alcançou média acima do valor de referência. No entanto, no período de chuva, alguns resultados ultrapassaram os limites toleráveis de consumo regulamentados pela Portaria n° 685, de 27 de agosto de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1998) para os níveis de Hg inorgânico em alimentos, o que pode representar riscos para quem consome frequentemente essa espécie.

Portanto, pode-se afirmar que o hábito alimentar das espécies pode influenciar no processo de bioacumulação de elementos tóxicos. A espécie curimatã é considerada detritívora, a qual se alimenta de restos orgânicos do fundo dos rios, como sedimentos orgânicos e vegetais, que podem apresentar acúmulos de elementos tóxicos. No entanto, de acordo a teoria de Bastos (2006) e Dorea (2006), os autores afirmam que espécies de peixes carnívoras e/ou piscívoras tendem a possuir maiores concentrações de Hg que peixes onívoros, detritívoros e/ou herbívoros. Porém, vale salientar que a bioacumulação de Pb e Hg em ecossistemas aquáticos variam consideravelmente de acordo com a estrutura da cadeia alimentar e o comprimento dos peixes. O processo de bioacumulação desses elementos no tecido muscular de peixes é esperado devido à diversidade de estratégias alimentares que envolvem, além de outros fatores, a mobilidade, localização de forrageio, características migratórias, bem como as diferentes formas de metabolização dos elementos tóxicos de cada espécie (BARBOSA, 2003).

Foram detectados altos níveis de Hg (Tabela 9) nos exemplares de piramutaba e curimatã do presente estudo. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos utilizando outras espécies (BARBOSA, 2003; PASSOS;MEGLER, 2008; ARRIFANO, 2011). Nesses trabalhos foi esclarecida a relação entre o potencial de bioacumulação das espécies e sua relação na cadeia alimentar aquática, bem como, a influência do seu respectivo hábito alimentar. Concentrações elevadas de Hg foram obtidas o estudo de Santos et al. (2016) em espécies de *H. malabaricus* e *S. rhombeus* coletadas na bacia do rio Negro, Amazonas.

De acordo com Peleja (2002), na Amazônia há variações significativas de Hg no plâncton em função das flutuações do nível da água, sendo estas flutuações, mais elevadas em períodos de águas altas nos sistemas dos rios e estuários de água doce, o que vem demonstrando que a sazonalidade é um fator relevante de determinação de elementos tóxicos.

#### **4.5 Elementos essenciais em diferentes períodos sazonais presentes no fígado**

##### **4.5.1 Elementos Essenciais no Período Seco e Chuvoso do Fígado**

A Tabela 12 apresenta a concentração dos elementos essenciais no fígado das três espécies de peixes em estudo e verifica-se que, no período chuvoso a concentração registrada de Mg, Zn e Cu foi inferior ao limite de detecção do equipamento (LOD). O curimatã (C) também não registrou valores de Zn e Cu no período de seca. Para o Ca observa-se que a piramutaba (P) registrou concentração média superior no período de seca. Para o Mg, as três espécies registraram maior concentração média no período de seca, com destaque para a pescada-gó (G) que no período de seca registrou a maior concentração média do elemento. O curimatã (C) também apresentou a maior concentração média de Na no período de seca.

Quanto ao Fe, verifica-se que no curimatã (C) a maior concentração média (Tabela 12) ocorreu no período de chuva. O Zn apresentou maior concentração média na pescada-gó (G), no período de seca. Por outro lado, o elemento Cu apresentou maior concentração na pescada-gó (G), no período de seca.

Em relação aos valores de cobre identificados no estudo, corroboram com o estudo de Luiz-Silva et al. (2006) que sugeriram que o elemento sofre variabilidade sazonal em sedimentos, o que pode ser um fator determinante para a biota aquática da área, sendo mais predominante no verão ( $108 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em relação ao inverno ( $78 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Na Tabela 12 os elementos como Fe, Mg e Zn, na pesquisa de Santos (2011) apresentaram maiores concentrações nos tecidos dos espécimes coletados no inverno comparados á estação de seca, demonstrando afinidade com o presente estudo. Estudos realizados com peixes de água doce, como o de Cruz et al. (2015) evidenciaram concentrações dos elementos químicos superiores em brânquias comparados aos músculos de algumas espécies da região amazônica.

Os resultados do presente estudo representam uma tendência de flutuações temporais nas concentrações de determinados elementos químicos nos tecidos das espécies de peixes examinadas. Ferro e sódio, por exemplo, apresentaram os maiores níveis de concentrações no fígado dos organismos analisados, com valores, em média, maiores nos exemplares coletados na estação seca comparados aos de inverno.

Estas variações podem ser resultadas de uma combinação de fatores físico-químicos do ambiente estuarino investigado, os quais flutuam sazonalmente, visto que, água pode ser possivelmente um dos principais reguladores das maiores concentrações destes elementos químicos encontrados nos espécimes de peixes coletados em diferentes períodos sazonais (SANTOS, 2011).

Em suma, as relações entre a maior ou menor disponibilidade do elemento químico no sedimento ou na água em determinadas épocas do ano, os hábitos alimentares dos peixes, seu habitat preferencial, entre outros fatores, deve governar a flutuação das concentrações destes constituintes químicos nos organismos expostos (SANTOS, 2011).

Tabela 12 - Concentrações médias (mg/kg) de elementos químicos essenciais (Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Cu) no fígado das três espécies de peixes comercializados no período seco e chuvoso.

Período	Espécies	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn(mg/kg)	Cu (mg/kg)
<b>Chuva</b>	C	3,12 (± 0,05)	0,57 (± 0,03)	28,62 (± 0,03)	35,12 (± 0,01)	<LOD	<LOD
	G	8,37 (± 0,05)	<LOD	30,97 (± 0,04)	42,79 (± 0,03)	<LOD	<LOD
	P	3,38 (± 0,03)	0,82 (± 0,05)	34,80 (± 0,04)	33,60 (± 0,05)	<LOD	<LOD
<b>Seca</b>	C	4,78 (± 0,07)	1,14 (± 0,11)	45,92 (± 0,03)	18,22 (± 0,03)	<LOD	<LOD
	G	1,13 (± 0,02)	3,52 (± 0,37)	40,87 (± 0,04)	54,35 (± 0,03)	42,32 (± 0,49)	33,92 (± 2,47)
	P	6,06 (± 0,01)	1,25 (± 0,04)	39,85 (± 0,06)	45,34 (± 0,13)	35,83 (± 0,86)	10,23 (± 0,01)

C – Curimatã; G - Pescada-Gó; P – Piramutaba. \*LOD: Limite de detecção

#### 4.5.2 Elementos Contaminantes no Período Seco e Chuvoso do Fígado

Segundo Turkmen (2008) e Palaniappan (2009) os metais são encontrados em maior quantidade em tecidos como brânquias, vísceras, fígado e rins. Estes órgãos têm, relativamente, um maior potencial de acumulação metálica, portanto, em alguns casos, elevadas concentrações de íons metálicos em musculatura de peixes são detectadas quando há contaminação elevada em órgãos acumuladores, evidenciando a presença de contaminantes em ambientes aquáticos. Wang et al. (2010) afirmam que órgãos que apresentam altas taxas metabólicas, como o fígado, costumam acumular mais metal, se comparados àqueles com taxas menores. Além disso, a determinação de contaminantes tóxicos nestes tecidos pode apresentar resultados da exposição a contaminações no *habitat* em que os peixes foram coletados, sendo eles elementos tóxicos ou essenciais, uma vez que, este órgão não é popularmente consumido pela população.

O fígado das espécies é considerado ótimo bioindicador da qualidade ambiental local. De acordo com Yildirim et al. (2009), as determinações de elementos tóxicos no tecido muscular são realizadas para investigar possíveis transferências de metais à população humana via consumo, enquanto análises de órgãos como o fígado são efetivadas para determinar a ocorrência de contaminação local (SOUZA LIMA et al., 2002).

A Tabela 13 evidencia a concentração dos elementos contaminantes no fígado das três espécies de pescado do estudo. Verifica-se que, no período chuvoso a concentração de Pb registrada nas espécies piramutaba (P) e curimatã (C) foi inferior ao limite de detecção do equipamento (LOD). Exceto na pescada-gó (G) que no período de chuva o teor de Pb foi maior do que no de seca, ambos os resultados se encontram de acordo com os teores estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 1998). Enquanto que, os resultados obtidos no estudo proposto por Morgano (2011) em peixes verificou-se que os valores de Pb apresentaram diferença de resultados entre as épocas verão e inverno, sendo encontrado o elemento Pb que excedeu o limite permitido em 40% das amostras no inverno não sendo detectado nas amostras coletadas no verão.

De acordo com Kalay; Aly e Canli (1999), esse efeito pode ser justificado devido o fígado conter a capacidade de bioacumulação de poluentes de vários tipos em doses mais elevadas do que as encontradas no meio ambiente. Portanto, pode-se afirmar que este órgão têm um importante papel à nível fisiológico no armazenamento de contaminantes,

desintoxicação, redistribuição e transformação desses elementos no organismo de peixes, bem como, um relevante indicador de contaminação dos rios amazônicos.

Alguns estudos semelhantes como a pesquisa proposta por Marcovecchio et al. (2004) analisou o Hg e outros contaminantes em espécies de corvina e tainha no estuário de La Plata e encontraram níveis de mercúrio, mais elevados no fígado do que no músculo entre as espécies estudadas. Enquanto que, Kojadinovic et al (2007) estudaram a bioacumulação de contaminantes inorgânicos (Cd, Hg e Pb) em músculo e fígado e rim de pescado de interesse comercial, do oeste do Oceano Índico e encontraram em algumas das amostras, níveis de concentração para Cd, Hg, Pb e Zn acima do limite permitido para consumo humano.

De acordo com Sáenz Isla (2016), esses resultados se justificam, uma vez que, é possível que os peixes neotropicais durante a piracema e/ou em situações de estresse tenham a capacidade de acumular maior teor de gorduras e junto a elas os xenobióticos presentes nos rios contaminados. Vale ressaltar que, os xenobióticos são de caráter altamente lipofílico e, portanto, tendem a se bioacumular nos tecidos dos peixes, especialmente no fígado e nos músculos.

Outros fatores podem ser levados em consideração em relação à acumulação metálica em peixes, dentre elas, se destacam os fatores ecológicos, o estado da espécie e hábitos alimentares. Para Jones e Olivier (2000), os peixes carnívoros tendem a acumular maiores teores de elementos metálicos que herbívoros e onívoros, o que pode justificar o fato de somente a espécie pescada-gó conter níveis Pb no fígado em diferentes períodos sazonais, conforme apresenta a Tabela 13. O fígado das espécies é considerado ótimo bioindicador da qualidade ambiental local. De acordo com Yildirim et al. (2009), as determinações de elementos tóxicos no tecido muscular são realizadas para investigar possíveis transferências de metais à população humana via consumo, enquanto análises de órgãos como o fígado são efetivadas para determinar a ocorrência de contaminação local (SOUZA LIMA et al., 2002).

Tabela 13 - Níveis Pb ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) no fígado em diferentes períodos sazonais do curimatã, pescada-gó e piramutaba.

Período/Espécie	Pb ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )	Hg ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )
<b>Período Chuva</b>	C	<LOD
	G	1,43 ( $\pm 0,13$ )
	P	<LOD
<b>Período Seca</b>	C	<LOD
	G	1,04 ( $\pm 0,02$ )
	P	<LOD

C – Curimatã; G - Pescada-Gó; P – Piramutaba. \*LOD: Limite de detecção

#### 4.6 Estimativa de ingestão semanal de elementos essenciais e tóxicos e porcentagem do PTWI.

As três espécies de peixes selecionadas, piramutaba, pescada gó e curimatã, estão presentes na alimentação dos consumidores do norte do Brasil, estas foram analisadas quanto às concentrações de elementos tóxicos como: Hg, e Pb por espécie coletadas no período seco estão demonstradas na Tabela . O músculo é a porção mais consumida do peixe que normalmente, portanto, a avaliação do risco à saúde humana foi estimada através da comparação da ingestão dos metais presentes no músculo, pela taxa de consumo de peixes com a Ingestão Semanal Tolerável Provisional (PTWI) estabelecida pelo comitê de aditivos em alimentos JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Através dos cálculos da estimativa de ingestão foi considerado o consumo de 50 g de peixe/dia, peso corpóreo de 60 kg para adultos e os valores da média de cada contaminante inorgânico encontrado nas amostras de uma mesma espécie.

Tabela 14 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados no período seco.

Espécie	Consumo semanal de elementos tóxicos em peixes no Período Seco (n=10)					
	Hg ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	Pb ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>b</sup>	Hg – PTWI ( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	Pb – PTWI ( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	%PTWI Hg	%PTWI Pb
<b>Piramutaba</b>	1,08	0,20	6,29	1,19	25,15	23,82
<b>Pescada Gó</b>	3,09	0,33	18,02	1,91	72,06	38,15
<b>Curimatã</b>	1,66	0,22	9,68	1,28	38,73	25,56

<sup>a</sup>Concentração média de Hg, <sup>b</sup>Concentração média de Pb, <sup>c</sup>Pesos adultos: 60 kg. <sup>c</sup> Peso adultos (maiores que 18 anos): 60 kg. PTWI para Hg = 25  $\mu\text{g/kg}$ , Pb = 5  $\mu\text{g/kg}$ .

Analisando a Tabela 14, verificou-se que os elementos tóxicos não ultrapassaram o limite tolerável de consumo. Sendo que, contaminante que mais contribuiu em relação à estimativa de ingestão semanal de elementos tóxicos (PTWI) foi o Hg na espécie pescada-gó, atingindo 72,06% para Pb 38,15%, no entanto, todos os dados encontram-se dentro do limite preconizado pela WHO (2011).

Na Tabela 15, em relação ao consumo semanal de elementos tóxicos no período chuvoso detectou-se que o curimatã ultrapassou 224,86% do limite tolerável de consumo de Hg, seguido da pescada gó (95%) e a piramutaba com (48,16%) de contribuição de %PTWI, mas, os dois últimos valores encontram-se dentro dos limites toleráveis preconizados (WHO, 2011). No entanto, quanto as estimativas de Pb nas espécies analisadas não excederam a PTWI, encontrando-se adequadas. Apesar de esse estudo ter sido realizado no período chuvoso, essa pesquisa não envolveu famílias de pescadores, mas ribeirinhos individualmente relatam o consumo frequente do pescado em regiões que circundam a capital paraense.

Tabela 15 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados no período chuvoso.

Consumo semanal de elementos tóxicos em peixes no período chuvoso (n=10)						
Espécie	Hg	Pb]	Hg – PTWI	Pb – PTWI	%PTWI	%PTWI
	( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>b</sup>	( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	Hg	Pb
<b>Piramutaba</b>	2,06	0,68	12,04	3,97	48,16	79,33
<b>Pescada Gó</b>	4,10	0,54	23,92	3,16	95,67	63,29
<b>Curimatã</b>	9,64	0,79	56,21	4,63	224,86	92,56

<sup>a</sup>Concentração média de Hg, <sup>b</sup>Concentração média de Pb, <sup>c</sup>Pesos adultos: 60 kg. <sup>c</sup> Peso adultos (maiores que 18 anos): 60 kg. PTWI para Hg = 25  $\mu\text{g/kg}$ , Pb = 5  $\mu\text{g/kg}$ .

Tabela 16 - Estimativa de Ingestão Semanal Tolerada Provisória de elementos tóxicos e porcentagem do PTWI (estimada para o consumo de uma porção diária de 50 g) em filés de três espécies de peixes selecionados em diferentes períodos sazonais.

Consumo médio semanal de elementos tóxicos em peixes (n=10)						
Espécie	[Hg]	[Pb]	Hg – PTWI	Pb – PTWI	%PTWI	%PTWI
	( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	( $\mu\text{g/g}^{-1}$ ) <sup>b</sup>	( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	( $\mu\text{g/kg}$ peso corpóreo) <sup>c</sup>	Hg	Pb
Piramutaba	1,57	0,44	9,16	2,58	36,66	51,58
Pescada Gó	3,59	0,43	20,97	2,54	83,86	50,72
Curimatã	5,65	0,51	32,95	2,95	131,79	59,06

<sup>a</sup>Concentração média de Hg, <sup>b</sup>Concentração média de Pb, <sup>c</sup>Pesos adultos: 60 kg. <sup>c</sup> Peso adultos (maiores que 18 anos): 60 kg. PTWI para Hg = 25  $\mu\text{g/kg}$ , Pb = 5  $\mu\text{g/kg}$ .

Ao correlacionar os resultados da Tabela 16 com os dados biométricos de comprimento e peso entre os exemplares, o acúmulo de elementos tóxicos é inversamente proporcional ao tamanho do peixe. Segundo Liang e coautores (1999); Repula (2012) alegam que a energia metabólica é o fator determinante do acúmulo ao comprimento do animal

correlacionado à velocidade de sequestração e eliminação, uma vez que, peixes menores apresentam uma velocidade de absorção maior dos metais e se concentrariam nas vísceras.

Verificou-se entre os resultados que os teores de Pb e Hg no músculo dos peixes (Tabela 16) apresentam uma correlação inversamente proporcional quanto menor o comprimento dos peixes, maior o acúmulo de Pb e Hg entre as amostras.

Pesquisas relacionadas ao tema evidenciam que existem possíveis riscos no consumo ao longo prazo de peixes contaminados com elementos tóxicos pode proporcionar uma predisposição ao câncer, doenças cardiovasculares e neurotoxicidade. Alguns fatores podem estar envolvidos com a espécie do peixe, a frequência de consumo e o tamanho da porção são aspectos essenciais para equilibrar os benefícios e os riscos do consumo regular (DOMINGO, 2007). Além disso, estudos sobre os riscos de contaminantes e os benefícios proporcionados pelo consumo de ácidos graxos ômega 3 evidenciaram que os benefícios superam os riscos (MOZAFFARIAN; RIMM, 2006; MAHAFFEY et al., 2011).

Em termos percentuais, a comparação dos valores estimados para a exposição ao mercúrio pela população paraense com os parâmetros de ingestão segura indica valores elevados para o consumo médio semanal. No entanto, sabe-se que a população consome diferentes tipos de peixes e vários deles de água doce. De acordo com Custódio (2017), na região Norte, o consumo de peixes de água doce é quatro vezes maior que o consumo de peixes de água salgada. Se a frequência de ingestão ao mercúrio dos peixes de água doce for similar ao encontrado nesse estudo, a população na região Norte do Brasil estaria ultrapassando o parâmetro de ingestão segura para o mercúrio. Desta forma, recomendam-se estudos mais abrangentes de exposição ao mercúrio para a região e estado, incluindo ainda outras espécies tradicionais de peixes, tanto de água salgada, quanto de água doce.

Um estudo avaliou os níveis de mercúrio em amostras de peixes de água doce (pacu, tilápia, piauçu, matrinxã, tambaqui e carpa) procedentes de pescueiros e pisciculturas de 39 regiões de São Paulo. Após as análises concluiu-se que nenhuma das amostras procedentes das diferentes regiões e diferentes pesque-pagues, apresentaram níveis de mercúrio total acima do permitido pela legislação brasileira, que é de 0,5mg/kg para pescado não-predador (MORGANO et al., 2005).

Kim e Lee (2005), em um estudo desenvolvido com 1.790 coreanos adultos (20 a 49 anos) de homens e mulheres, encontrou uma relação entre o consumo de peixe e os níveis

sanguíneos de mercúrio, bem como, o estudo de Benefice et al. (2010) que relataram aumento dos níveis de mercúrio no sangue entre os residentes na Amazônia boliviana, assim como a relação entre o consumo de peixes evidenciou maior suscetibilidade ao desenvolvimento de distúrbios neurológicos. Diversos estudos explicam que os riscos do consumo de peixe limitam-se à identificação e quantificação de contaminantes em espécies variadas.

Sabe-se que os contaminantes podem trazer riscos à saúde humana. Foran et al. (2005) desenvolveram uma razão de riscos e benefícios associados ao consumo, relacionando algumas doenças como câncer e outras doenças com a exposição acumulativa a contaminantes orgânicos e com os teores de ômega-3 presentes nos peixes. Neste estudo, para alguns peixes, o risco de contaminantes foi aparentemente compensado pelos benefícios do ácido graxo ômega-3 para a saúde, o que pode colaborar com a explicação do comportamento dos exemplares da espécie curimatã selecionada no presente estudo.

É importante salientar que a recomendação do consumo semanal para grávidas e crianças equivale a duas vezes/semana de peixes como o salmão e o atum, limitando-se o consumo de grandes predadores como o peixe-espada, o tubarão e a cavala, que contêm maiores teores de mercúrio (MOZAFFARIAN e RIMM, 2006).

## 5 CONCLUSÃO

Foram encontrados altos teores de ácidos graxos monoinsaturados no filé e fígado da espécie curimatã, no entanto, os poli-insaturados foram mais elevados na pescada-gó no músculo. Na piramutaba foram detectados níveis superiores de aminoácidos totais, representando uma excelente fonte proteica na alimentação.

Ao comparar o potencial de bioacumulação dos tecidos estudados constatou-se que os fígados apresentaram um maior potencial para serem empregadas no monitoramento da poluição das águas.

Em relação ao PTWI, o curimatã no período seco foi o que mais contribuiu para alcançar os valores de ingestão tolerável semanal de mercúrio e chumbo para o consumo de peixe. Os teores destes nos peixes excederam os valores estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para consumo, o que sugere uma provável contaminação dos rios por resíduos de indústrias mineradoras e o intenso fluxo de navegações, bem como o descarte de resíduos em locais impróprios como rios.

O presente estudo mostrou que é necessário o biomonitoramento constante das espécies comercializadas na região e arredores para poder detectar contaminação por elementos tóxicos, evitando-se assim, possíveis reflexos e o comprometimento da saúde do homem e do processo reprodutivo dos peixes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-BAKI, A. S, DKHIL, M. A., A, S. Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. **African Journal of Biotechnology**. v.10, n. 13, p. 2541-2547, 2011
- ACKMAN, R. G. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.22, p.907-922, 1967.
- AHDY, H. H. H.; ABDALLAH, A. M. A.; TAYEL, F. T. Assessment of heavy metals and nonessential content of some edible and soft tissues. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 33, n. 1, p. 85-97, 2007
- AKAGI H. Mercury analysis manual. Tokyo: **Ministry of the Environment**; p. 20, 2004.
- ALMEIDA N.M. **Composição em ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado e capturado na Amazônia Central**. Campinas, 2004. Tese de Doutorado FEA (Campinas) [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255046/1/Almeida\\_NeivaMariade\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255046/1/Almeida_NeivaMariade_D.pdf)
- ALMEIDA, N. M.; FRANCO, BUENO, M. R. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)**, São Paulo, v. 65, n. 1, 2006.
- ALMEIDA, N. M.; FRANCO, M. R. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v.65 n.1, p.7-14, 2006.
- ALONSO, J. C.; PIRKER, L. E. M. Dinâmica populacional e estado atual da exploração de Piramutaba e de dourada. p. 21-28, in: FABRÉ, N.N; BARTHEM, R.B. (orgs.), O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas. IBAMA, PróVárzea, **Coleção Documentos Técnicos**, 114 p., Manaus, 2005.
- ALVES, R. C. B. **Avaliação da Pescada-Gó (*Macrodon anylodon*) por diferentes métodos de qualidade e condições de conservação** [Tese de doutorado]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará; 2016.
- ANDRADE, A. D.; RUBIRA, A. F.; MATSUSHITA, M. SOUZA, N. E. W3 fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 72, n. 10, 1, p. 1207-1210, 1995.
- ANDRADE; BISPO; DRUZIAN. Avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 29, p. 721-726, out.-dez., 2009.
- AOAC **International Official Methods of Analysis**. 16<sup>a</sup> ed., 3<sup>a</sup> rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997.
- ARAÚJO, F.G.; WILLIAMS, W.P. & BAILEY, R.G. Fish assemblages as indicators of water quality in the middle Thames Estuary, England (1980–1989). **Estuaries**, v. 23, n.3, p. 305–317, 2000.

ARRIFANO, F.P.G. **Metil mercúrio e mercúrio inorgânico em peixes comercializados no mercado municipal de Itaituba (Tapajós) e Mercado do Ver-o-Peso (Belém)** [Dissertação]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará; 2011.

ARTHEM, R. B. Descrição da pesca da Piramutaba. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Antropologia)** v.6, 1991b. p.117-130, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Washington, DC: AOAC, 2000.

ATLI, G.; CANLI, M. Response of antioxidant system of freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, p. 1884-1889, 2010.

BARBOSA, A. C.; SOUZA, J.; DO'REA, J. G.; JARDIM, W .F.; FADINI, P. S. Mercury Biomagnification in a Tropical Black Water, Rio Negro, Brazil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.45, p.235–246, 2003.

BARTHEM, R.B.; GOULDING, M. **An Unexpected Ecosystem: The Amazon revealed by the fisheries**. Amazon Conservation Association (ACA) - Missouri Botanical Garden Press. Lima, Peru. p. 241, 2007.

BARTHEM, Ronaldo Borges. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, v. 2, n. 1, p. 49- 69, 1985.

BARTHEM, R.B.; GOULDING, M. **The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators**. New York, Columbia University Press. p. 144, 1997.

BARTHEM, R.B; MELLO FILHO, A.; ASSUNÇÃO, W; GOMES, P. F. F.; BARBOSA, C. A. C. Estrutura de tamanho e distribuição espacial da Piramutaba. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 41, p. 249 – 260, 2015.

BASTOS, W. R. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, v.368, p.344–351, 2006.

BENEFICE, E.A.; LUNA-MONRROY, S. A. B., LOPEZ-RODRIGUEZ, R. C. Fishing activity, health characteristics and mercury exposure of Amerindian women living alongside the Beni River (Amazonian Bolivia). **Int J Hyg Environ Health**. v. 213, n.6, p. 458-64, 2010.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral; **Carta topográfica de Belém**, Escala 1:50.000, Brasília, 1982.

BRASIL. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução – RDC nº 40**, de 21 de março de 2001. Regulamento técnico para rotulagem nutricional de alimentos e bebidas embaladas. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. **Sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO\\_2010/2\\_01\\_Demografiax.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2010/2_01_Demografiax.pdf)>. Acesso em: 11 de julho 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados**. Brasília, 26 dez. 2003. Seção 1, p. 47-48. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BREINE, J.J.; MAES, J.; QUATAERT, P.; VAN DEN BERGH, E.; SIMOENS, I.; VAN THUYNE, G. & BELPAIRE, C. A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). **Hydrobio.**, v. 575, p.141-159, 2007.

CEDRO, T. Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. **Rev. Brasileira Zootecnia**, Viçosa , v. 39, n. 8, p. 1733-1739, Aug. 2010.

CLARKE, R.; CONNOLLY, L.; FRIZZELL, C.; ELLIOTT CT. Challenging conventional risk assessment with respect to human exposure to multiple food contaminants in food: A case study using mize. **Toxicol Lett.** v. 238, p.54-64, 2015.

COSTA, S. C.; HARTZ, S. M. Evaluation of trace metals (cadmium, chromium, copper and zinc) in tissues of a commercially important fish (*Leporinus obtusidens*) from Guaíba Lake, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 1, p. 241-250, 2009.

COUTO, L. I. M.; WUICIK, W. L.; KUHN, I; CAPRIOTTI, J. R. V.; REPKA, J. C. Efeitos da suplementação nutricional com L-arginina no reparo de lesões por estiramento muscular. Estudo experimental em ratos. **Rev. Bras. Ortop.**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 455-461, Aug. 2015.

CRUZ, A. S.; PEREIRA JUNIOR, J. B.; CARVALHO, F. I. M.; NUNES, P. O.; ALVES, B. S. F.; PALHETA, D. C.; DANTAS FILHO, H. A.; DANTAS, K. G. F. Estudo da Distribuição de Metais em Tecidos de Peixes da Região Amazônica. **Rev. Virtual Química**, v. 7 n. 6, p. 1935-1951, 2015.

CURI, R.; POMPÉIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. **Entendendo a gordura - ácidos graxos**, 1º ed., Manole: São Paulo, 2002.

DEB, S. C.; FUKUSHIMA, T.; Bioaccumulation in fish. **International Journal of Environmental Studies**. v. 56, p. 385, 1999.

DOMINGO, J.L. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: is all that glitters gold? **Environ Int.**, v.33, n.7, p.993-88, oct. 2007.

DORDEVICA, D.; BUCHTOVÁ, H.; BORKOVCOVÁ, I. Estimation of amino acids profile and escolar fish consumption risks due to biogenic amines content fluctuations in vacuum skin packaging/VSP during cold storage. **LWT - Food Science and Technology**, v.6, p. 657-663, Mar. 2016.

DOREA, J. G.; BARBOSA, A. C.; SILVA, G. S. Fish mercury bioaccumulation as a function of feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, Amazon. **Comparative Biochemistry and Physiology**, p.275–283, 2006.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. UNITED NATIONS UNIVERSITY. **Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition**. WHO Technical Report Series 935, 2007.

\_\_\_\_\_. **Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo.** Série Acuicultura Latinoamérica, Lima, 2010.

\_\_\_\_\_. **Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA).** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016.

FERNANDES, C; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; CABRAL, D; SALGADO, M.A. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Liza saliens* from Esmoriz-Paramos lagoon, Portugal. **Environ Monit Assess.** v.136, p. 267-75, 2008.

FILHO, M. M. R.; RAMOS, M. I. L.; HIANE, P. A.; SOUZA, E. M. T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.28(2): p. 361-365, abr.-jun., 2008.

FONTELES FILHO, A. A. Oceanografia, Biologia e Dinâmica Populacional de recursos pesqueiros. Fortaleza: Expressão gráfica e Editora. p. 464, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo.** Lima: FAO, 2010.

FORAN, J.A.; GOOD, D.H.; CARPENTER, D.O.; HAMILTON, M.C.; KNUTH, B.A.; SCHWAGER, S.J. Quantitative analysis of the benefits and risks of consuming farmed and wild salmon. **Journal Nutrition.** v. 135, n. 11, p. 2639-43, 2005.

FURTADO, L. G. **Pescadores do rio Amazonas: um estudo antropológico da pesca ribeirinha numa área amazônica.** Belém, 1993.

GODOY, M. P. **Peixes do Brasil.** Subordem Characoidei: Bacia do Rio Mogi Guassu. Franciscana, Piracicaba, v. IV, p. 631-846, 1975.

GREGÓRIO, Aderson Mendes; MENDES, Amilcar. Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Pará River estuary (Guajará Bay, Amazon). **Continental Shelf Research,** v. 29, p. 609-618, 2008.

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C.; **Continental Shelf Research.** v. 29, p. 609, 2009.

GUERRA, L. D. S.; ESDPINOSA, M. M.; BEZERRA, A. C. D.; GUIMARÃES, L. V.; MARTINS, M. S. A. S. Desafios para a Segurança Alimentar e Nutricional na Amazônia: disponibilidade e consumo em domicílios com adolescentes. **Ciência & Saúde Coletiva,** v. 23, n. 12, pp. 4043-4054, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-812320182312.26352016>>. Acesso em 07 de julho de 2019.

GURGEL, H.C.B.; MENDONÇA, V.A. Population structure of *Astyanax bimaculatus vittatus* (Castelnau, 1855) (Characidae, Tetragonopterinae) from Ceará mirim River, Poço Branco, RN. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 48 (276), p. 159-168, 2001.

HALPERN, B.S.; WALBRIDGE, S.; SELKOE, K.A.; KAPPEL, C.V.; MICHELI, F.; D'AGROSA, C.; BRUNO, J.F.; CASEY, K.S.; EBERT, C.; FOX, H.E.; FUJITA, R.; HEINEMANN, D.; LENIHAN, H.S.; MADIN, E.M.P.; PERRY, M.T.; SELIG, E.R.; SPALDING, M.; STENECK, R. & WATSON, R. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. **Science,** v. 319, p. 948-952, 2008.

HENDERSON, R..J.; TOCHER, D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Prog. Lipids Res.** v. 26, p. 281-347, 1987.

HUSS, H. Quality and quality changes in fresh fish. **FAO fisheries technical paper**, p. 1–3, 1995.

IKEM, A.; EGIEBOR, NO. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). **Journal of Food Composition and Analysis.** v. 18, p. 771-87, 2005.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Report Release: Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D.** November 30, 2010.

INSTITUTO EVANDRO CHAGAS. Coordenação de Qualidade. Relatório técnico N° 003/2018. **Avaliação Preliminar dos Impactos Ambientais Referente do Transbordo e Lançamentos Irregulares de Efluentes de Lama Vermelha da Cidade de Barcarena, Estado do Pará,** 2018.

ISAAC, Victoria Judith; BARTHEM, Ronaldo Borges. Os recursos pesqueiros da Amazônia Brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Antropologia,** Belém, v. 11, n. 2, p. 151-194, 1995.

IZQUIERDO CORSER, P. et al. **Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela.** ALAN, Caracas, v. 50, n. 2, p. 187-194, jun. 2000. Disponível em [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222000000200013&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200013&lng=es&nrm=iso). Acesso em 20 jul. 2019.

JABEEN, G.; JAVED, M.; AZMAT, H. Assessment of heavy metals in the fish collected from the river Ravi, Pakistan. **Pakistan Veterinary Journal,** v. 32: p. 107-111, 2012.

JONES, G. B., P.; OLIVIER, F. Mercury and Zinc in Fish, Crabs, Oysters and mangrove flora and fauna from Cleveland Bay. **Marine Pollution Bulletin,** v. 41, p. 345, 2000.

KALAY, M.; ALY, O.; CANLI, M. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.** v. 63, p. 673-674, 1999.

KARR, J.R. & CHU, E.W. **Restoring life in running waters: better biological monitoring.** Washington DC: Island Press., 1999.

KEHRIG, H.A.; MALM, O.; AKAGI, A.; GUIMARÃES, J.R. D; TORRES, J.P.M. Methyl mercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. **Environmental Research,** v.77, p.84-90, 1998.

KIM, N. S.; LEE, B.K. Blood total mercury and fish consumption in the Korean general population in KNHANES III, 2005. **Sci Total Environ.** v. 408, n. 20, p. 4841-7, 2010.

KOJADINOVIC, J.; POTIER, M.; CORRE, M.; COSSON, R.; BUSTAMANTE, P. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. **Environmental Pollution,** Elsevier, v. 146, p. 548-66, 2007.

LEDERLE, J. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar.** São Paulo: Manole Dois, 1991.

LEMPEK, T. S.; PRENTICE, C.; LOPES, M. L. Efeito do vácuo na qualidade da pescadafoguete (*Macrodon ancylodon*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 64-67, 2001.

LIANG, Y.; CHEWNG, R. Y. H.; WONG, M. H.; **Water Res.** v.33, p. 2690, 1999.

LIMA, D.P.; SANTOS, C.; SILVA, R.S.; YOSHIOKA, E.T.O.; BEZERRA, R.M., Heavy metal contamination in fish and water from Cassiporé River basin, State of Amapá, Brazil. **Acta Amazonia**, v. 45, p. 405-414, 2015.

LOUREIRO, V. R. **Os parceiros do mar: natureza e conflito na pesca da Amazônia**. Belém: CNPq/MPEG, 1985.

LOTZE, H.K.; LENIHAN, H.S.; BOURQUE, B.J.; BRADBURY, R.H.; COOKE, R.G.; KAY, M.C.; KIDWELL, S.M.; KIRBY, M.X.; PETERSON, C.H. & JACKSON, J.B.C. Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. **Science**, 312(5781): 1806-1809, 2006.

LUIZ-SILVA, W. et al. Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). **Química Nova**, v. 29, p. 256-263, 2006.

LUZIA, L. A.; SAMPAIO, G. R.; CASTELLUCCI, C M. N.; TORRES, E. A. F. S.; The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. **Food Chemistry**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 93-97, 2003.

MAHAFFEY, K.R.; SUNDERLAND, E.M.; CHAN, H.M.; CHOI, A.L.; GRANDJEAN, P.; MARIËN, K. et al. Balancing the benefits of n3 polyunsaturated fatty acids and the risks of methylmercury exposure from fish consumption. **Nutr Rev.**, v.69, n.9, p.493-508, sep. 2011.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FRANCO, M. R. B. Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 7, n. 4, p. 240-251, 1994.

MAIA, E. L.; OLIVEIRA, C. C. S.; SANTIAGO, A. P.; CUNHA, F. E. A.; HOLANDA, F. C. A. F.; SOUSA, J. A. Composição química e classes de lipídios em peixe de água doce Curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 433-437, Dec., 1999.

MANSANO, C.F.M.; MACENTE, B.I.; NASCIMENTO, T.M.T.; PEREIRA, M.M.; SILVA, E.P.; DE STÉFANI, M.V. Determination of digestible lysine and estimation of essential amino acid requirements for bullfrogs. **Aquaculture**, 2016.

MARENGONI, N.G.; KLOSOWSKI, E.S.; OLIVEIRA, K.P.; CHAMBO, A.P.S.; GONÇALVES JUNIOR, A.C. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 359-363, 2013.

MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; MAIA, S.R.R.; LACERDA, L.D.; MARQUES, W.S. Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. **Química Nova**. v.27, n.5, p. 31-41, 2004.

- MELLO-DA-SILVA, C.A.; FRUCHTENGARTEN, L. Riscos químicos ambientais à saúde da criança. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, v.81, n.5, Supl, p.S205-S211, 2005.
- MERT, R.; ALAS, A.; BULUT, S.; ÖZCAN, M.M. Determination of heavy metal contents in some freshwater Fishes. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.186, p. 8017–8022, 2014.
- MOISEENKO, T.I.; KUDRYAVTSEA, L.P. Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola region, **Russia**. **Environmental Pollution**, v. 114 p. 285-290, 2011.
- MORAIS, C.; CAMPOS, S.D.S. Carne de pescado separada mecanicamente da ictiofauna acompanhante da captura de camarão-sete-barbas: obtenção e utilização de bloco congelado. **Colet ITAL**. v.23, n.1, p.56-67, 1993.
- MOREIRA, A.B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three brazilian Brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 14, n. 6, p. 565-574, 2001.
- MOREIRA, C.S. **Adsorção competitiva de cádmio, cromo, níquel e zinco em solos. Piracicaba**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.
- MORGANO, M.A.; OLIVEIRA, A.P.F.; RABONATO, L.C.; MILANI, R.F.; VASCONCELLOS, J.P., MARTINS, C.N. et al. Avaliação de contaminantes inorgânicos (As, Cd, Cr, Hg e Pb) em espécies de peixes. **Rev Inst Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 70, n. 4, p. 497-506, 2011.
- MORGANO, M.A.; PEREZ, A.C.A.; MILANI, R.F.; MANTOVANI, D.M.B.; NEIVA, C.R.P.; FURLAN, E.F. ET AL. Mercúrio total em pescado da cadeia produtiva da Baixada Santista, Estado de São Paulo, Brasil. **Rev Inst Adolfo Lutz**. v. 66, n. 2, p.165-72, 2007.
- MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E.B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. **JAMA**, v.296, n.15, p.1885-1899, oct. 2006.
- NEPA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos NEPA -UNICAMP** - 4ª ed. rev. e ampl. Campinas - SP, 2011.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca. Ciência e Tecnologia do Pescado**. v.1. São Paulo: Livraria Varela, 1999. 430p.
- OLIVEIRA, G. M. T. S.; OLIVEIRA, E.S.; SANTOS, M.L.S.; MELO, N.F.A.C.; KRAG, M. N. Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil) localizado na Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.23 23, n.3, pp.599-605, 2018.
- OLIVEIRA, H. S. P; FRANÇA, C. A. S.; ROCHA, E. J. P. Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixes no rio tapajós. **Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais**. Centro de Tecnologia Mineral. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação P. 194-221, Rio de Janeiro. Novembro, 2015.

OLIVEIRA, P. R.; JESUS, R.S.; BATISTA, G.M.; LESSI, E. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. **Brazilian Journal Food Technology**, v.17, p.67-74, 2014.

ORDÓÑEZ J. A. **Tecnologia de alimentos de origem animal**, v. 2. São Paulo: Artmed; 2005.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Norma general para los aditivos alimentarios**. CODEX STAN, v. 192, 1995.

OZMEN, M., GÜNGÖRDÜ, A.; KUCUKBAY, F.Z.; GÜLER, E.R. **Monitoring the effects of water pollution on *Cyprinus carpio* in Karakaya Dam Lake, Turkey**. **Ecotoxicology**, v.15, p.157–169, 2006.

PALANIAPPAN, PL. RM.; KARTHIKEYAN, S. **Journal of Environmental Sciences**. v. 21, p.229, 2009.

PASSOS, C.J.S., MERGLER, D. Humam mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. **Cadernos de Saúde Pública**. 2008.

PELEJA, J. R. P. **Os fatores que influem no nível de mercúrio (Hg) na água e no plâncton de lagos associados aos rios Tapajós e Negro**. Dissertação (Mestrado), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/FUA, Manaus-AM, Brasil, 75p., 2002.

PEREIRA, P.; PABLO, H.; PACHECO, M. Vale The relevance of temporal and organ specific factors on metals accumulation and biochemical effects in feral fish (*Liza aurata*) under a moderate contamination scenario. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, p. 805-816, 2010.

PERINI, J.A.L.; STEVANATO, F.B.; SARG, S.C.; VISENTAINER, J.E.L.; DALALIO, M.M. O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 6, p. 1075-1086, dez. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141552732010000600013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141552732010000600013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 19 jul. 2019.

PIBER NETO, E.; CARVALHO, P.R.; PITA, M.C.G. et al. Egg's enrichment: utilization of fish oils and marine algae as sources of omega-3. **Research Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v.4, p. 45-54, 2009.

PINHEIRO, M. C.; FARRIPAS, S. S.; OIKAWA, T., COSTA; C. A., AMORAS, W. W.; VIEIRA, J. L. Temporal evolution of exposure to mercury in riverside communities in the Tapajós basin, from 1994 to 2010. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. v. 89, p. 119- 24, 2012.

PRATBEL. Barra do Pará - Belém - Vila do Conde e Adjacências Serviço de Praticagem S/C LTDA. **Porto de Vila do Conde**. 2008. Disponível em: <[http://www.pratbel.com.br/portos/porto\\_vila\\_conde.php](http://www.pratbel.com.br/portos/porto_vila_conde.php)> Acesso: 6 ago. 2019.

PYLE, G. G.; RAJOTTE, J. W.; COUTURE, P. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 287-312, 2005.

RAZ-GUZMAN, A.; HUIDOBRO, L. Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. **Journal Fish Biology**, v.61, p. 182-195, 2002.

ROCHA, A. A.; PEREIRA, D. N.; PADUA, H. B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 401-410, Oct. 1985.

ROGERO, M. M; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Rev. Bras. Cienc. Farm.**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 563-575, Dec. 2008.

SADHRA, S. S; WHEATLEY, A. D.; CROSS, H. J. Dietary exposure to copper in the European Union and its assessment for EU regulatory risk assessment. **Science Total Environment** v. 374, p. 223-34, 2007.

SÁENZ ISLA, L. A. **O uso de peixes em estudos experimentais ecotoxicológicos "in situ", avaliando os efeitos da poluição aquática urbana em reservatórios.** Tese de Doutorado em Ecologia, Conservação e manejo da Vida Silvestre. Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

SAMEL, S.; KEESE, M.; LANIG, S.; KLECZKA, M.; GRETZ, N.; HAFNER, M.; STURM, J.; POST, S. Supplementation and inhibition of nitric oxide synthesis influences bacterial transit time during bacterial translocation in rats. **Shock**. v.19, n.4 p.:378–82, 2003.

SANTOS, S. N.; LAFON, J. M.; CORRÊA, J. A. M. Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da Foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém - Pará). **Revista Química Nova**, v. 35, n.2, São Paulo, 2012.

SANTOS, A. B. **Concentrações de elementos químicos em fígado e músculo de peixes demersais do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP): aspectos temporal e espacial.** Campinas, SP, 2011.

SANTOS, E. C. O., CÂMARA, V. M.; BRABO, E. S.; LOUREIRO, E. C. B; JESUS, I. M., FAYAL, K. Avaliação dos níveis de exposição ao mercúrio entre índios Pakaanóva, Amazônia, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19(1) p. 199- 206, 2003.

SATUÉ, M. T., LÓPEZ, M. C. Sex-linked differences in fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver oil. **Food Chem**. v. 57, p. 359-63, 1996.

SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes.** São Paulo: Editora Roca LTDA, p. 231, 2000.

SERRÃO, C. R. G.; PONTES, A. N.; DANTAS, K. G. F.; DANTAS FILHO, H. A.; JOÃO, B.; PEREIRA JUNIOR, N. P.O.; CARVALHO, F. I. M.; PALHETA, D. C. Biomonitoramento de Elementos Metálicos em Peixes de Água Doce da Região Amazônica. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1661-1676, 2014.

SHIMOMURA, Y.; HARRIS, R. A. Metabolism and physiological function of branched-chain amino acids: discussion of session. **Journal Nutritional**, v.136, p.232-233, 2006.

SILVA JÚNIOR, M. G.; CASTRO, A. C. L.; SOARES, L. S.; FRANÇA, V. L. Length-weight relationship of fish species from the estuary Patience River of Maranhão Island, Brazil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 20, p. 30-37, 2007.

SILVA, C. C. Dieta de comunidade de peixes da área de influência da UHE de Balbina - rio Uatumã, Amazonas, Brasil [Dissertação]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas/Universidade Federal do Amazonas; 2006.

SILVA, L. J. D; RODRIGUES, C. I. Pedra do Peixe: redes sociais na circulação do pescado do Ver-o-Peso para a cidade de Belém do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** v.11, n.3, Belém Sept./Dec, 2016.

SIOEN, I.; BILAU, M.; VERDONCK, F.; VERBEKE, W.; WILLEMS, J. L.; DE HENAUW, S.; VAN CAMP, J. Probabilistic intake assessment of polybrominated diphenyl ethers and omega-3 fatty acids through fish consumption. **Molecular Nutrition Food Research**. v. 52, n. 2, p. 250-257, 2008.

SOARES, L. F.; GOCH, Y. G. F.; PELEJA, J. R. P.; FORSBERG, B. R.; LEMOS, E. J. S.; SOUSA, O. P. Bioacumulação de Mercúrio Total (Hg) e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**. v. 6, n. 1, p. 102-106, 2016.

SOUZA LIMA, R. G.; ARAÚJO, F. G.; MAIA, M. F. AND PINTO, A. S. S. B. Evaluation of Heavy Metals in Fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research, Section A**, v. n. 89, p. 171-179, 2002.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução a avaliação de mananciais de peixes tropicais**. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico sobre pescas. N° 306/1, Rev.2. Roma, FAO. p. 404, 1997.

THOMÉ-SOUZA, M. J. F.; RASEIRA, M. B.; RUFFINO, M. L.; SILVA, C. O.; BATISTA, V. S.; BARTHEM, R. B.; AMARAL, E. S. R. **Estatística pesqueira do Amazonas e Pará - 2004**. Manaus: IBAMA/PROVARZEA, 2007.

TURATTI, J. M.; GOMES, R. A. R.; ATHIÉ, I. **Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, p. 78, 2002.

TÜRKMEN, M.; TÜRKMEN, A.; TEPE, Y. **Journal of Chilean Chemical Society**. v.53, p.1435, 2008.

UNEP - United Nations Environment Program. **Chemicals: Global Mercury Assessment**. Geneva, 2002.

VALANDRO, M. J. **Avaliação da qualidade microbiológica de sashimis a base de salmão, preparados em restaurantes especializados em culinária japonesa na cidade de Porto Alegre – RS. 2010**. 12 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

WANG, Y; CHEN, P.; CUI, R.; SI, W.; ZHANG, Y; JI, W. Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of two fish species (*Triplophysa pappenheimi*, *Gobio hwanghensis*) from the Lanzhou section of the Yellow River, China. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 165, n. 97, 2010.

WANG, Y.J.; MILLER, L.A.; PERREN, M., ADDIS, P. B. Omega-3 fatty acid in lake superior fish, **Journal of Food Science**, v. 55, p. 71-76, 1990.

WASSERMAN, J. C.; HACON, S. S.; WASSERMAN, M. A. O ciclo do mercúrio no ambiente amazônico. **Mundo e Vida**, v. 2, p. 46-53, 2001.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; KRY, J. C. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, Leatherhead, v. 8, n. 4, p. 170-177, 1986.

WHITFIELD, A. K. Fishes and the environmental status of South African estuaries. **Fish. Manag. Eco.**, v. 3, p. 45-57, 1996.

WHITFIELD, A.K. & ELLIOTT, M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p. 229-250, 2002.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). Health criteria other supporting information. In: **Guidelines for Drinking Water Quality**, v. 2, n. 2. Geneva, p. 31-338, 1996.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Protein and amino acid requirements in human nutrition**: report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. Geneva: WHO, 2007.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). World Health Commission on Health Land Environment. Draft report. Geneva:WHO; 1985.

WHO. JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2011. Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/summary73.pdf>. Acessada em Maio 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Principles for the Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Foods**. Geneva; 1987.

WORM, B.; BARBIER, E.B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J.E.; FOLKE, C.; HALPERN, B.S.; JACKSON, J.B.C.; LOTZE, H.K.; MICHELI, F.; PALUMBI, S.R.; SALA, E.; SELKOE, K.A.; STACHOWICZ, J.J. & WATSON, R. 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. **Science**, 314(5800): 787-790.

YILDIRIM, Y.; GONULALAN, Z.; NARIN, I.; SOYLAK M. Evaluation of trace heavy metal levels of some fish species sold at retail in Kayseri, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.149, p. 223-228, 2009.

YOKOYAMA, E.; PACIENCIA, G.P.; BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; BISPO, P.C.A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil. **Revista Ambiência Guarapuava**, v.8, n.1, p.73-84. 2012.

ZAGAGLIA, C.R.; SANTOS, R.C. dos; BRICHTA, M.; BARBOSA, M.G. **Dinâmica espaço-temporal da frota pesqueira na captura da piramutaba com rede de arrasto no estuário amazônico com base nos dados do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite - PREPS**. p. 4535-4542, 2009.

ZORRO, M. C. **Biologia e estrutura populacional das espécies da família Sciaenidae (Pisces: Perciformes), no estuário do rio Caeté município de Bragança, Pará - Brasil**. M.Sc., Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.